

Tanja Ruskojärvi

# JUKOLA 2009 -LÄHIVERKON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Opinnäytetyö  
Tietotekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2009




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  30.11.2009
<b>Tekijä(t)</b> Tanja Ruskojärvi	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Tietotekniikan koulutusohjelma</b> Tietoliikenne- ja tietokonetekniikka	
<b>Nimeke</b>  Jukola 2009 lähiverkko		
<b>Tiivistelmä</b>  13.-14. kesäkuuta vuonna 2009 Mikkelin raviradalla järjestettiin yksi maailman suurimmista suunnistuskilpailusta, Jukola 2009 -viesti. Tässä opinnäytetyössä selostetaan Jukola 2009 -kilpailua varten rakennetun lähiverkon toteutuksesta.  Teoriaosuudessa tarkastellaan työn kannalta keskeisimpiä lähiverkkoihin liittyviä tekniikoita ja teoriaa sekä määritellään tärkeimpiä käsitteitä. Jukola 2009 -lähiverkko esitellään työn jälkimmäisessä osuudessa, jossa kerrotaan lähiverkon suunnitteluvaiheesta, testauksesta, verkon rakentamisesta ja aktiivilaitteiden konfiguroinnista sekä lähiverkon ylläpitoon liittyvistä asioista. Tässä osuudessa selostetaan Jukola 2009 -lähiverkon fyysisestä ja loogisesta rakenteesta, verkon komponenteista kuten aktiivilaitteista ja työasemista sekä niiden konfiguroinnista, sekä muista Jukola -lähiverkossa käytetyistä järjestelmistä ja laitteista. Näitä ovat mm. Emit ja Online -järjestelmä sekä yhteistyökumppanin toteuttama palomuuuri ratkaisu.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Lähiverkko, Ethernet, Jukola viesti.		
<b>Sivumäärä</b> 38	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> URN:NBN:fi:mamk-opinn200984860
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Matti Koivisto	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Mikkeli-Jukola 2009 -organisaatio	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  30 <sup>th</sup> November 2009
<b>Author(s)</b> Tanja Ruskojärvi	<b>Degree programme and option</b> Degree Program of Information Technology and Telecommunication	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Jukola 2009 local area network		
<b>Abstract</b>  <p>Mikkeli Jukola 2009 orienteering relay race, one of the biggest orienteering races in the world, was organized at Mikkeli trotting track on June 13<sup>th</sup> - 14<sup>th</sup> 2009. This diploma work explains the local area network which was implemented for the Jukola 2009 race.</p> <p>In the theory part of this diploma work the most fundamental techniques and theories related to local area networks are examined and the most important terms regarding the subject are defined. In the latter part of the work, planning, testing and construction of the local area network are reviewed as well as the configurations of the active devices and other matters concerning the maintenance of the network. This part explains the physical and logical structures of the Jukola 2009 local area network as well as their components, such as active devices and workstations including their configurations. Also, other structures and devices included in the Jukola local area network are examined, such as Emit and Online structures and the firewall solution which was implemented with the cooperation partner Stone-soft Oy.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Local area network, Ethernet, Jukola orienteering.		
<b>Pages</b> 38	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b> URN:NBN:fi:mamk-opinn200984860
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Matti Koivisto	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Mikkeli-Jukola 2009 -organisation	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	LÄHIVERKKO ELI LOCAL AREA NETWORK (LAN).....	2
2.1	Mikä on lähiverkko? .....	2
2.2	Ethernet.....	3
3	LÄHIVERKOISSA KÄYTETTÄVÄT SIIRTOTEKNIIKAT.....	5
3.1	Kiinteä tietoliikenneverkko .....	7
3.2	Langattomat ratkaisut .....	12
4	JUKOLA 2009 LÄHIVERKON TOTEUTUS.....	19
4.1	Tavoitteiden määrittely .....	19
4.2	Jukola 2009 lähiverkon suunnittelu ja tarpeiden analysointi.....	20
4.3	Lähiverkon rakenne .....	22
4.4	Jukola 2009 lähiverkon rakentaminen ja ylläpito .....	27
5	POHDINTA .....	36

## 1 JOHDANTO

Informaatioteknologian käyttö erilaisissa urheilutapahtumissa on lisääntynyt kiihtyvää vauhtia aina 1980-luvulta lähtien. Tietotekniikkaa hyödynnetään informaation käsittelyssä, siirtämisessä ja tallentamisessa. Erilaiset tieto- ja valvontajärjestelmät muodostavat kilpailuorganisaatioissa kokonaisuuksia, joiden avulla muun muassa ylläpidetään erilaisia rekistereitä, toteutetaan tulospalvelu ja tarjotaan monenlaisia palveluita niin kilpailijoille kuin yleisöllekin.

Opinnäytetyöni tarkoituksena on toteuttaa Mikkelissä järjestettävien Jukola 2009 -suunnistuskilpailuiden lähiverkko. Tarkastelen työssäni erilaisia teknologioita ja tavoitteenani on löytää parhaiten palveleva ja asiakkaan tarpeita vastaava ratkaisu. Lisäksi tavoitteenani on suunnitella toimivat tietoturvajärjestelyt, joilla varmistetaan verkon toimintavarmuus ja suojaudutaan erilaisia tietoturvaohia vastaan. Työhöni sisältyy suunnittelun lisäksi verkon rakentaminen ja aktiivilaitteiden konfigurointi sekä asentaminen verkkoon. Osallistun jonkin verran edellä mainitun ohella työasemien asennukseen ja konfigurointiin sekä kaapelointiin. Verkon suunnittelun, rakentamisen sekä testauksen lisäksi osallistun verkon ylläpitoon ja valvontaan Jukola 2009 -kisojen aikana 14.-15.6.2009. Verkon rakentaminen fyysisesti suoritetaan kahdesti, ensin demoverkko laboratorio-olosuhteisiin ja kilpailujen alla varsinainen verkko kilpailupaikalle Mikkelin raviradalle. Pääsen opinnäytetyöni myötä osallistumaan kohtalaisen suuren lähiverkon toteutukseen suunnitteluvaiheesta aina verkon ylläpitoon saakka.

Luvuissa 2 ja 3 esittelen työni kannalta keskeisimmät käsitteet ja niiden määrittelyn lähteisiin pohjaten. Luvussa 2 selostan lähteisiin nojaten mitä lähiverkolla tarkoitetaan. Luvussa 3 käyn läpi yleisimmät datayhteyksien toteutuksissa käytettävät tekniikat, jotka olen jakanut kahteen pääryhmään, kiinteisiin ja langattomiin tietoliikennetarkaisuihin. Työn varsinaisen toteutuksen eri vaiheet käyn läpi luvussa 4. Viimeinen luku sisältää tekemäni johtopäätökset sekä itsearviointin työn toteuttamisen ja kokonaisuuden suhteen.

## 2 LÄHIVERKKO ELI LOCAL AREA NETWORK (LAN)

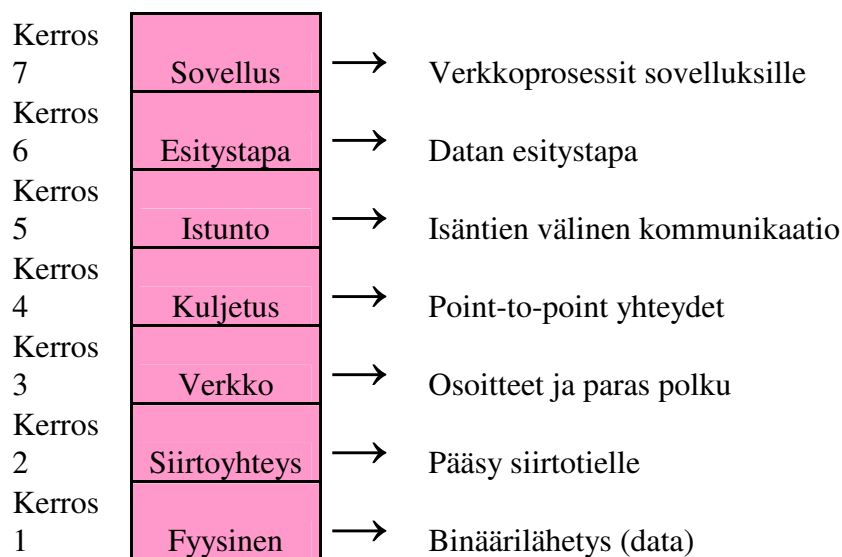
### 2.1 Mikä on lähiverkko?

Tietoliikenneverkko, joka on tietoliikennettä toteuttavien laitteiden kokonaisuus ja joka rajoittuu pienehkölle maantieteelliselle alueelle, kutsutaan lähiverkoksi.

Lähiverkko eli LAN (*Local Area Network*) on yleensä yhden organisaation hallinnassa, mutta voi olla myös jonkin ulkopuolisen tahon vuokraama ja ylläpitämä ja yleensä se liittyy alueverkkoon ja sitä kautta internetiin. Verkko muodostuu toisiinsa kytketyistä laitteista, jotka voivat kommunikoida keskenään jakaen resursseja sekä digitaalista informaatiota eli dataa. Verkon laitteet on kytketty toisiinsa kaapeleiden, valoyhteyden tai radiotien avulla. WLAN (*Wireless LAN*) verkolla tarkoitetaan lähiverkkoa, jossa yhteys on toteutettu langattomasti. Siirtotie, oli se sitten kaapeloinnilla tai langattomasti toteutettu, muodostaa vasta fyysisen yhteyden laitteiden välille. Fyysisen siirtotien lisäksi tarvitaan ohjelmistoja, joilla määritellään liikennöinti sekä hallitaan datan välitystä verkossa. Näitä ohjelmistoja sanotaan verkkokäyttäjärjestelmiksi (*network operating system*) ja ne tarjoavat verkossa oleville työasemille yhtenäiset palvelut ja mahdollistavat niiden välisen kommunikoinnin. Lähiverkkoon liittyäkseen työasemissa on oltava tarvittavat verkkokomponentit kuten verkkokortti, protokollapino ja verkko-ohjelmisto. Lähiverkossa voi olla myös palvelimia (*server*), jotka ovat verkkoon kytkettyjä laitteita tai ohjelmia. Palvelimet tarjoavat nimensä mukaisesti erilaisia palveluita verkon käyttäjille. Näitä palveluita voivat olla tulostimien, DVD -asemien tai levytilan jakaminen, erilaiset verkkosovellukset, tietokantojen ylläpito ja ulkoisien yhteyksien tarjoaminen. /1./

Tietoliikenneverkko on rakenteeltaan lähes aina hyvin monimutkainen kokonaisuus joka koostuu lukuisista, usein eri valmistajien tekemistä laitteista. Jotta eri laitteet voisivat kommunikoida keskenään, käyttävät tietoverkkoteollisuuden valmistajat OSI-viitemallia suunnittelun pohjana (Kuva 1). Tämä kerrostettu viitemalli tarjoaa määritellyt kehykset, joiden mukaisesti tietoverkkotuotteet suunnitellaan ja valmistetaan. Huomion arvoista on, etteivät sovellukset ja protokollat ole suoraan yhdenmukaisia OSI -viitemallin kanssa, ne kuitenkin vastaavat viitemallin periaatteiden mukaisesti kehitettyjä standardeja. /2./

OSI -viitemallin (*Open Systems Interconnection Referende Model*) tarkoituksena on muun muassa jakaa yhteen liittyvät tietoverkko-osat pienempiin ja yksinkertaisempiin osiin. Monimutkaisen tietoliikenteen omaksuminen on helpompaa, kun suuri kokonaisuus jaetaan pienempiin aliryhmiin, niin kutsuttuihin protokollapinoihin. Viitemallin avulla määritellään standardirajapinnat, mikä mahdollistaa useiden eri valmistajien laitteiden integroinnin ja ”plug-and-play” -yhteensopivuuden. Lisäksi modulaaristen uusien palveluiden ja sovellusten kehittäminen on mahdollista yhdellä kerroksella ilman että kaikki alemmatkin kerrokset jouduttaisiin suunnittelemaan uudestaan. Tämä tukee symmetriaa erillisten verkkojen modulaarisissa toiminnoissa mahdollistaen niiden toiminnan yhdessä. /2./



**Kuva 1. OSI -viitemalli.**

## 2.2 Ethernet

Lähiverkkotekniikoista yleisin ja käytetyin on 1970-luvun alussa alkunsa saanut Ethernet -tekniikka, jonka perusidea on alun perin ollut jaettu siirtotie. Ajatus jaetusta siirtotiestä syntyi jo 1960-luvun lopulla Havaijin yliopistossa, jossa kehitettiin ALOHA -nimistä radioverkkoa. Tämä järjestelmä käytti kahta kanavaa, yhtä lähtevälle ja toista saapuvalla liikenteelle. Pääkoneelta lähetettiin etäpisteisiin samanaikaisesti yleislähetystenä (*broadcast*) dataa, jonka otsaketiedoissa oli kohdeosoite. Lähtevät asemat käyttivät samaa kanavaa ja kilpailivat lähetysvuorostaan kanavalla. Tämän tyyppisestä verkosta käytetään nimitystä kilpavaraukseen perustuva verkko.

Myöhemmin tekniikkaa kehitettiin niin että törmäykset (*collision*) verkossa vähenivät. Törmäyksentunnistus ominaisuus, jossa asema ennen datan lähettämistä kuuntelee onko siirtotie vapaana, mahdollisti lähes 100 prosenttisen kaistankäytön. /1./

Ethernet -tekniikka on vain yksi lukuisista lähiverkkoteknologioista joita syntyi 1970-luvun lopulla. Muita lähiverkkotekniikoita ovat esimerkiksi Token Ring ja ATM -tekniikat. Muihin teknologioihin nähden Ethernetistä tuli kuitenkin ylivoimainen kun se 1980-luvulla standardoitiin. Vuonna 1983 IEEE -standardikomitean (IEEE = *Institute of Electrical and Electronic Engineers*) projekti 802 tuotti kansainvälisesti hyväksytyin Ethernet -standardin. Nykyisin Ethernet ja 802.3 tarkoittavat samaa asiaa. /1./

Ethernet -kaapelointistandardit määrittelevät lähiverkon väylätopologian.

Kaapelointistandardeja ovat esimerkiksi 10Base2 eli Ohut Ethernet, 10Base5 eli Paksu Ethernet ja 10BaseT jossa Ethernet -kehysten kuljettamiseen käytetään kierrettyä pariakaapelia. Standardin nimen ensimmäinen luku ilmaisee nimellisen nopeuden (10/100/1000Mbps), Base kuvaa kantataajuutta ja viimeisenä on kaapelointia kuvaava numero- tai kirjainsymboli. Nopeampia yhteyksiä tarjoavat 100Base ja 1000Base -ratkaisut. /3./

802.3 -standardista on julkaistu useita eri versioita, joissa kaikissa on yhteisenä nimittäjänä vuosien saatossa vain vähän muuttunut Ethernet -kehys. Kehyksen rakenne on seuraavanlainen:

- **Alkutahtistus** (*preamble*) on 56 bittinen kehyksen alkava osa, jonka tarkoituksena on vastaanottajan tahdistaminen tulevaan bittivirtaan.
- **SFD** (*start of frame delimiter*) on kahdeksan bittinen kehyksen alkuerote, joka aloittaa kehyksen.
- **Kohde- ja lähdeosoitteet** (*destination and source address*) eli laitteiden MAC -osoitteet. Tietoliikenneverkossa jokaisella laitteella on yksilöllinen fyysinen osoite (MAC = *Medium Access Control*), jonka avulla laite tunnistetaan verkossa. Näiden tavujen sisältö on valmistajakohtainen ja ne ilmoitetaan heksadesimaaleina.
- **Pituuskenttä** sisältää sanoman pituuden alkaen vastaanottajan osoitteesta ja päättyen hyötykuorman viimeiseen tavuun.



- **Datakenttä** sisältää kehyksen varsinaisen hyötykuorman ja on korkeintaan 1500 tavua pitkä.
- **Tarkistussumma** eli **FCS** (*Frame Check Sequence*) on neljän tavun mittainen CRC -algoritmilla laskettu kehystarkiste. /4./

Tiedonsiirto Ethernet -verkossa tapahtuu CSMA/CD (*carrier sense multiple access / collision detection*) -menetelmään perustuvalla tekniikalla. Menetelmä perustuu siirtotien kilpavaraukseen törmäysentunnistuksella, jossa lähettävä laite kuuntelee ensin verkkoa ja jos liikennettä ei havaita, lähetetään sanoma. Vaikka periaatteessa vain yksi asema voi lähettää kerrallaan, saattaa kaksi asemaa lähettää sanoman yhtä aikaa, jolloin tapahtuu törmäys (*collision*). Törmäyksen jälkeen osapuolet arpoivat itselleen uuden lähetyksajan, kunnes saavat sanomansa lähetettyä. Lähetysten lisääntyessä voidaan siirtotien kapasiteettia kasvattaa jakamalla verkko segmentteihin (*collision domain*) tai nostamalla datan siirtonopeutta, jolloin informaatiota siirryy aikayksikköä kohden enemmän. /1./

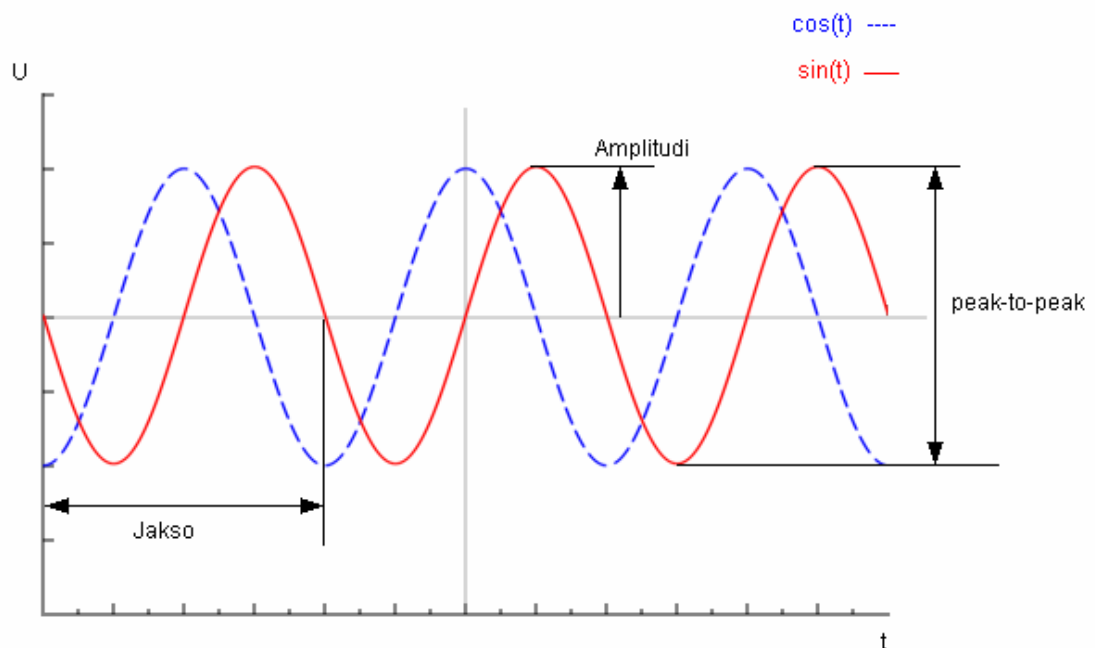
Ethernet -tekniikka voidaan toteuttaa vuorosuuntaisesti (*half-duplex-Ethernet*) tai kaksisuuntaisesti (*full-duplex-Ethernet*). Vuorosuuntaisessa Ethernetissä kukin asema tarkkailee siirtotietä havaitakseen onko verkko vapaa sanoman lähetystä varten. Jos verkko on varattu, lähetystä siirretään törmäysten estämiseksi. Kaksisuuntaisessa verkossa kehyksien lähettäminen ja vastaanottaminen voi tapahtua samanaikaisesti, minkä mahdollistaa kahden johdinparin käyttäminen kaapelissa. Lisäksi solmujen väliset yhteydet täytyy olla kytkettyjä. Kaksisuuntainen verkko on vapaa törmäyksistä eikä kaistanleveydestä tarvitse neuvotella. Full-duplex -yhteys voidaan toteuttaa 10BaseT, 100BaseTX ja 100BaseFX -medioilla. Edellytyksenä myös on, että molempien päiden verkkokortit tukevat full-duplex -ominaisuutta. /3./

### 3 LÄHIVERKOISSA KÄYTETTÄVÄT SIIRTOTEKNIIKAT

OSI -mallin fyysinen kerros kuvaa prosessia, jossa data konvertoidaan siirtoyhteydelle soveltuvaan muotoon, sähköisiksi pulsseiksi, valoksi tai radiotien signaaleiksi. Fyysinen kerros kuvaa lisäksi siirtomediaa, jolla voidaan tarkoittaa koaksiaali- tai parikaapelia, valokuitua tai radioyhteyttä. Suurin osa tietoliikenteen innovaatioista

koskee juuri fyysisen kerroksen ratkaisuja, joka onkin sisällöltään OSI -mallin laajin osa ja siihen suuntautuva kasvu on suurin. Lähiverkko voidaan toteuttaa joko kiinteästi kaapeloinnin avulla tai langattomasti radioyhteyden avulla. Useissa verkoissa käytetäänkin johdollisen verkon rinnalla myös langattomia ratkaisuja. /4./

Tärkeä käsite tietoliikenneyhteyksistä puhuttaessa on signaali, joka tässä yhteydessä tarkoittaa joko sähköpulsseja tai sähkömagneettista säteilyä. Signaalia kuvataan usein sinifunktion muotoisella käyrällä, jossa y-akselin jännite (U) ilmaistaan ajan (t) funktiona. Signaalin komponentteja ovat lisäksi taajuus (f) ja amplitudi. Taajuus ilmoitetaan värähtelyinä sekunnissa ja sen yksikkö on Hertzi (Hz). Signaalin spektri muodostuu sen sisältämistä taajuuksista ja absoluuttinen kaistanleveys muodostuu spektrin laajuudesta. Esimerkiksi jos signaali sisältää taajuudet {20 Hz, 35 Hz, 50 Hz, 87 Hz, 100 Hz}, niin sen spektri muodostuu tästä joukosta ja kaistan leveys on  $(100 - 20) \text{ Hz} = 80 \text{ Hz}$ . Amplitudi kertoo aallon korkeuden ja se ilmoitetaan voltteina jännitteen viitetasosta (signaalimaa) signaalin ylimpään ja alimpaan tasoon. Aalto vaihtelee kahden ääriarvon välillä ja tätä kutsutaan huipusta huippuun eli peak-to-peak -arvoksi (Kuva 2.). /4./



**Kuva 2. Sinimuotoisen signaalin käsitteitä.**

Kun ajatellaan vektorin kärjen kiertävän ympyrän kehää tasaisella kulmanopeudella xy-tasossa, piirtää sen kärjen projektio y-akselille sinikäyrää. Kun projektio värähtelee harmonisesti, se muuttuu yhtälön  $s(t) = A \sin(\omega t + \alpha)$  mukaisesti. Yhtälössä A on vektorin

pituus,  $\omega$  on kulmataajuus,  $t$  on aika ja  $\alpha$  on kulma. Kun vektori on pyörähtänyt täyden kierroksen eli  $360^\circ$  syntyy jakso. Yleensä signaali on usean eri taajuuden summa, toisin sanoen signaalit muodostuvat eri taajuuksien siniaaltokomponenteista. /4./

Signaalin etenemiseen siirtotiellä vaikuttavat monet tekijät. Pitkällä siirtotiellä signaalin amplitudi pienenee, jolloin puhutaan signaalin vaimenemisesta. Suuret taajuudet vaimenevat matalia nopeammin ja koska signaali sisältää useita taajuuskomponentteja, voi vaimeneminen aiheuttaa signaalin muodon vääristymistä. Vaimenemista voidaan korjata siirtotiellä sekä vahvistamalla että korjaamalla vääristynyttä signaalia. Vaimeneminen lasketaan siirrettävän ja vastaanotettavan signaalin suhteena ja sen yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Vaimeneminen ilmoitetaan yleensä desibeleinä per 100 metriä. /4./

Kohina on häiriö joka voi johtua useista eri syistä. Lämpökohinaa syntyy atomien lämpöliikkeistä ja ulkopuoliset häiriölaitteet voivat aiheuttaa impulssikohinaa. Kahden vierekkäin kulkevan johtimen välillä voi tapahtua ylikuulumista, joka voi häiritä ylikuulumisen kohteena olevan johtimen liikennettä. Lisäksi digitalisoinnin yhteydessä, muutettaessa analogista signaalia digitaaliseen muotoon, syntyy kvantisointikohinaa. Kohinan ja vaimennuksen lisäksi suurin rajoite siirtotiellä on kaistanleveys. Nyqvistin teoreeman mukaan siirtotiellä voidaan siirtää korkeintaan kaksi kertaa kaistanleveyden verran bittejä sekunnissa. Toisin sanoen, jos siirtotien kaistanleveys on 1000 Hz, on sen kapasiteetti  $C = 2 * 1000 = 2000$  bittiä sekunnissa. /4./

### **3.1 Kiinteä tietoliikenneverkko**

Perinteisellä tekniikalla yhdistetään tietokoneita kiinteiden tietoverkkojen avulla. Kiinteällä verkolla tarkoitetaan kaapeleilla ja johdoilla kiinteästi rakennettua datayhteyttä eri laitteiden välillä. Kaapeleissa tiedonsiirto tapahtuu joko sähköisesti kuparikaapelien välityksellä tai optisesti valokuitua myöten. IEEE -standardikomitea vastaa suurelta osin lähiverkkojen standardisointiin liittyvistä asioista. Helmikuussa 1980 perustettu IEEE 802 (vuonna -80, 2. kuukausi, josta komitea sai nimensä)

standardoi lähiverkkoteknologiaa. Komitea on edelleen jaettu alikomiteoihin, jotka vastaavat kukin erityyppisistä standardoinneista. /2./

Kiinteässä tietoliikenneverkossa kaapelit toimivat siirtomediana ja yhdistävät verkon laitteet, palvelut ja segmentit toisiinsa. Kaapelityyppiä on useita erilaisia ja jokainen päätyyppi voidaan jakaa vielä eri versioihin. Kolme päätyyppiä ovat koaksiaalikaapeli, symmetrinen kierretty parikaapeli ja valokaapeli. Koaksiaalikaapeleista vanhimmat ovat 10Base2 ja 10Base5 -kaapelit, joista käytetään myös nimityksiä ohut- ja paksu-Ethernet ja ne pohjautuvat IEEE 802.3 standardiin. Näillä kaapeleilla ei enää rakenneta uusia lähiverkkoja, mutta ne ovat edelleen joissakin Ethernet -ratkaisuissa käytössä olevat kaapelityypit, sillä mediamuuntimen avulla ne voidaan liittää nykyisin käytössä olevaan yleiskaapelointiin. 10Base2 ja 10Base5 -kaapelien impedanssi on 50  $\Omega$  ja impedanssisovitusstandardin mukainen poikkeama saa olla enintään 2  $\Omega$ . Tätä suuremmat impedanssipoikkeamat aiheuttavat segmenttejä liitettäessä heijastumista. Impedanssisovituksesta voi syntyä myös heijastuneiden aaltojen summautumista, minkä vuoksi standardi määrittelee lyhimmäksi kaapelipituudeksi 0,5 metriä. /1./ Koska koaksiaaliverkkojen merkitys on nykyisissä tietoliikennejärjestelmissä jäämässä uudentyypisten ratkaisujen alle, en tässä työssäni katso tarpeelliseksi perehtyä syvemmin kyseisten kaapeleiden ominaisuuksiin.

Puhelinverkoista lähtöisin oleva parikierretty kaapeli (*TP = Twisted Pair*) on ollut edullisuutensa vuoksi suosittu tietoliikenneyhteyksissä. Jos kaapelissa kaksi johdinta kulkee rinnakkain, muodostavat ne yhdessä antennin, joka sekä säteilee että vastaanottaa häiriöitä. Kiertämällä johdinparit vähennetään kaapelin häiriöitä ja lisätään häiriönsietokykyä. Parikaapelit on jaettu eri kategorioihin (Cat x) ja niiden käytöstä on omat suosituksensa. Kategorioiden lisäksi parikaapelit voidaan jakaa kahteen ryhmään sen mukaan ovatko ne suojattu maadoitetulla vaipalla (*STP, Shielded Twisted Pair*) vai ovatko ne suojaamattomia (*UTP, Unshielded Twisted Pair*). Parikaapelointia käytettäessä ja sitä asennettaessa on noudatettava suurta huolellisuutta ja varottava parien kierteiden aukeamista. Parikaapeloinnin yhteydessä käytetään RJ45 -liitintä joka on varustettu kahdeksalla pinnillä. /4./

Yleiskaapelointi (*generic cabling*) pohjautuu eurooppalaisen sähköalan standardointijärjestö CENELEC:in vuonna 2004 vahvistamaan standardiin EN 50173-

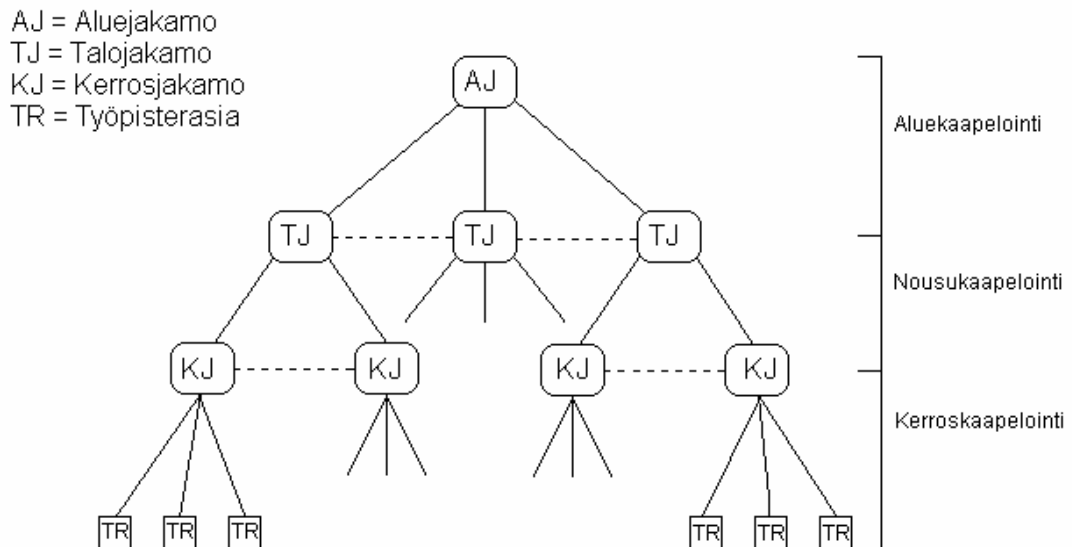
1, Suomessa standardin nimi on SFS EN 50173-1. Standardi määrittelee toimittajariippumattoman kiinteistöjen tietoliikennekaapeloinnin, joka tunnetaan myös nimellä avoin kaapelointijärjestelmä (*open cabling system*) ja jossa kaapelointi toteutetaan symmetrisillä kupari- tai valokaapeleilla. Koaksiaalikaapeleita ei käsitellä standardissa lainkaan. Standardi tukee puhetta, dataa, liikkuvaa kuvaa ja tekstiä ja sen määrittelyn piiriin kuuluukin tietoliikennesovelluksia peruspuhelinpalveluista Gigabit Ethernet -järjestelmiin. Standardin keskeisimmät komponentit ja periaatteet ovat seuraavanlaisia:

- Kaapelointijärjestelmän suunnittelu, rakenne, vähimmäisvaatimukset ja mitoitusperiaatteet.
- Yksittäisten siirtoteiden luokat ja suorituskykyvaatimukset.
- Symmetristen kaapeleiden ja optisten kaapeleiden vaatimukset, sekä kaapeleiden liittimien vaatimukset.
- Symmetristen kaapeleiden liittimien testaus. /1./

Kaapelointijärjestelmien vähimmäisvaatimuksiin sisältyvät toiminnalliset osat, osajärjestelmät, liitántärajapinnat, työpisterasiat ja kaapelityypit. Osajärjestelmät muodostuvat toiminnallisista osista, joita ovat muun muassa aluejakamot, talo- ja kerrosjakamot, keskityskohdat ja työpisterasiat. Nämä muodostavat kolme eri osajärjestelmää, aluekaapeloinnin, nousukaapeloinnin ja kerroskaapeloinnin. Aluejakamosta johtaa kaapelointi yhteen tai useampaan talojakamoon, joista muodostuu aluekaapelointi. Nousukaapelointiin kuuluvat nousukaapelit talojakamoista kerrosjakamoihin ja kerroskaapelointi koostuu kerrosjakamosta työpisterasioihin vedetyistä kaapeleista. Kaikkiin osajärjestelmiin kuuluu kaapelointien lisäksi kyseisen osan jakamon ristikytkennät sekä kaapeleiden päätteet. Nousu- ja kerroskaapelointien tulee olla yhtenäisiä, kaapeleissa ei saa olla jatkoksia. Osajärjestelmät muodostavat hierarkkisen ja tähtimäisen topologian kunkin jakamon suhteen. /1./

Yleiskaapelointiin kuuluvaksi ei kuitenkaan lasketa kaapeleita, jotka yhdistävät päätelaitteet työpistorasioihin, eikä sovelluskohtaisten laitteiden kaapeleita (laitekaapeleita). Osajärjestelmien ja siihen kuuluvien komponenttien lukumäärä riippuu kaapeloitavien rakennusten koosta, lukumäärästä ja sijainnista. Osajärjestelmät liitetään yhteen jakamoissa, joissa kaapelit päätetään ristikytkentäpaneeliin.

Ristikytkentäpaneelien kautta kerroskaapelointi kytketään laitekaapeleilla verkkolaitteisiin, päätelaitteet puolestaan kytketään laitekaapeleilla työpisterasioihin (Kuva 3). /1./



**Kuva 3. Periaatekuva yleiskaapeloinnista /1./**

Optista valokaapelia on kahta päätyyppiä: monimuoto- ja yksimuotokuitua. Valokaapelin ydin on hyvin ohutta lasikuitua, joka on suojattu erilaisilla suojakerroksilla. Yksimuotokuidun signaalinsiirto-ominaisuudet ovat paremmat kuin monimuotokuidun ja sitä käytetäänkin yleensä pitkillä etäisyyksillä, esimerkiksi aluekaapeloinnissa. Lähiverkkokäytössä, runkoyhteyksissä ja liitosjohtoina, on yleisempää käyttää monimuotokuitua, jonka signaalin vaimeneminen on nopeampaa. Vaimeneminen aiheutuu valon etenemistavasta lasikuidussa. Yksimuotokuidun ydin on huomattavasti monimuotokuidun ydintä ohuempi ja siinä valo kulkee heijastumatta kaapelin päästä päähän. Monimuotokuidussa valo etenee heijastumalla ja taittumalla ytimen rajapinnasta, tämä aiheuttaa signaalin vaimenemista siirtotiellä, sekä vaihteluita vastaanotetussa signaalissa. /1./

Koska optinen kuitu valmistetaan lasista, joka on sähköisesti eriste, säästytään sähköisille siirtoteille ominaisilta häiriöiltä. Lähes ainoat ongelmat joita optisessa tiedonsiirrossa syntyvät ovat dispersio ja vaimeneminen. Dispersiolla tarkoitetaan taajuuden vaikutusta aallon etenemisnopeuteen. Valokuidussa käytetään lasin ominaisuuksien mukaan määräytyviä kolmea eri taajuutta, joiden kaistanleveys on

enimmillään 25 000 – 30 000 GHz. Kuidussa käytettävän lasin laatuvaatimukset ovat erittäin korkeat ja se onkin niin puhdasta, että jos sen läpi olisi mahdollista katsoa, voitaisiin nähdä kymmenien kilometrien päähän. Valokuitu muodostuu kolmesta komponentista jotka ovat ydinjohto, sitä ympäröivä valoverho sekä päällimmäisenä koko rakennetta mekaanisesti suojaava vaippa. /4./

Monimuotokuidut voidaan jakaa kahteen ryhmään, askeltaitekertoimisiin ja asteittaistekertoimisiin kuituihin. Askeltaitekertoimisessa kuidussa informaation siirto perustuu valon kokonaisheijastukseen kuidun ytimen ja valoverhon rajapinnasta. Koska eri kulmissa kuituun syötetty valo etenee eripituisen matkan, leviää valopulssi aikatasossa vastaanottajalle saapuessaan. Kun asteittaistekertoimiseen kuituun lähetetään valopulssi, muuttuu taitekerroin lineaarisesti ytimen reunaa kohti mentäessä. Osa säteilystä kulkee lähellä ytimen keskiosaa ja osa kiertää ytimen reunan kautta. Asteittaistekertoimisessa kuidussa kulkumatkasta johtuvan dispersion haitat pienenevät, minkä ansiosta voidaan käyttää suurempaa tiedonsiirtonopeutta ja pidempää matkaa. Monimuotokuidun ytimen halkaisija on noin 50-60  $\mu\text{m}$  ja tiedonsiirtonopeudet 10/100/1000 Mbit/s. /4./

Yksimuotokuidun ytimen halkaisija on yhtä suuri kuin siirrettävän valosignaalin aallonpituus eli noin 8-13  $\mu\text{m}$ . Näin kuidussa kulkeva pulssi pakotetaan etenemään heijastumatta kuidun päästä päähän. Yksimuotokuidulla toteutettu yhteys voi ilman vahvistinta olla kymmeniä kilometrejä ja lähetystä kuidussa ohjailaan laserlähettimillä. Koska siirtotiellä ei juuri tapahdu heijastumista, säästytään yksimuotokuidussa lähes kokonaan dispersion aiheuttamilta ongelmilta. /4./



Signaalin eteneminen askeltaitekertoimisessa monimuotokuidussa



Signaalin eteneminen asteittaistekertoimisessa monimuotokuidussa



Signaalin eteneminen yksimuotokuidussa

**Kuva 4. Monimuotokuidun ja yksimuotokuidun periaatekuva. /4./**

Tärkeä ilmiö optisessa tiedonsiirrossa on kokonaisheijastus, jonka aikaansaamiseksi täytyy valita optiselta tiheydeltään oikeanlaiset materiaalit kuidun ytimeen ja sitä ympäröivään kerrokseen. Kun näiden kahden aineen rajapintaan saapuneen valon ja rajapinnan normaalin välinen kulma on yhtä suuri kuin heijastuneen valon ja rajapinnan normaalin välinen kulma, puhutaan kokonaisheijastumisesta. Aineen taitekerroin määräytyy optisen tiheyden mukaan, kerroin kasvaa optisen tiheyden kasvaessa. Kokonaisheijastumisen avulla valopulssi voidaan pakottaa kulkemaan optisessa kuidussa eikä valoa ”vuoda” ympäristöön. /4./

### **3.2 Langattomat ratkaisut**

Kiinteiden verkkojen rinnalla on jalansijaa saanut räjähdysmäisesti kasvanut langaton verkko, jossa tiedonsiirto tapahtuu radioaaltojen avulla. Matalampi taajuinen informaatio-signaali moduloidaan korkeampitaajuiseen kanta-aaltoon lähetystä varten ja vastaanottopäässä informaatio-signaali saadaan demoduloimalla kanta-aaltoa. Langaton viestintä sinänsä ei ole uusi keksintö, sillä sitä on harrastettu esihistoriallisilta ajoilta lähtien, tunnetuimpana esimerkkinä intiaanien käyttämät savumerkit. Tämän päivän langaton viestintä perustuu kuitenkin sähkömagneettiseen säteilyyn ja sen eri komponenttien modulointiin. Työssäni keskityn IEEE802.11 -standardiin pohjautuviin langattomiin paikallisverkkotekniikoihin (WLAN).

Syitä langattomien yhteyksien yleistymiseen on monia, kuten laajakaistaverkon vieminen nopeasti haja-asutusseuduille sekä liikkuvuuden mahdollistaminen. Langattomat verkot tarjoavat tietoliikenneyhteyksiä kannettavien tietokoneiden käyttäjille ja vapaus laitteiden sijoittelun suhteen on suuri verrattuna perinteiseen kaapeliratkaisuun. Langattoman verkon palvelut ovat paikasta ja kaapeloinnista riippumattomia ja pääsy tiedostoihin ja palveluihin on mahdollista kannettavan tietokoneen avulla missä tahansa langattoman verkon alueella. Liikkuvuus tekee päätelaitteiden asentamisen mahdolliseksi myös ajoneuvoihin tai muihin liikkuviin laitteisiin. Tällä hetkellä näyttääkin siltä että langattomuus tulee lisääntymään, vaikka se häviääkin kiinteille verkoille niin tietoturvassa kuin suorituskyvyssäkin. /3./ Vaikka yleisesti puhutaankin langattomasta verkosta, on syytä huomioida, että langattoman



verkon yhteyspisteet (AP, *Access Point*) liitetään toisiinsa ja lähiverkkoon kuitenkin yleiskaapeloinnilla. Toisin sanoen langaton lähiverkko ei koskaan ole täysin langaton. Lisäksi kannettavat tietokoneet ja muut päätelaitteet käyttävät teholähteinään akkuja, joita on aika ajoin ladattava, sitä tarkoitusta varten tarvitaan virtajohtoja ja pistorasiaa. Johdoista ja kaapeleista ei edelleenkään päästä kokonaan eroon. /4./

Langaton siirtotie toteutetaan sähkömagneettisen säteilyn spektrin tietyllä taajuusalueella toimivien lähettimien ja vastaanottimien avulla. Lähetysantenni muuttaa sähkötehon sähkömagneettiseksi säteilyksi ja vastaanottoantenni muuttaa säteilyn sähköiseksi signaaliksi. Sähkömagneettiseen spektriin kuuluvat matalataajuisemmasta korkeataajuisempaan radioaallot, mikroaallot, infrapunavallo, näkyvä valo, ultraviolettivovalo, röntgensäteily sekä gammasäteily. Näistä lähinnä mikroaaltoja käytetään tietoliikenteessä. Mikroaaltoalueella on kaksi vapaasti käytettävää taajuusaluetta, joita käytetään langattomissa lähi- ja alueverkoissa. Toinen on kaistanleveydeltään 80 MHz ja sijaitsee 2,4 GHz:n yläpuolella, toinen on hieman yli 5 GHz:ssa sijaitsevat kolme 100 MHz:n kaistaa. Kun käytetään radio- ja mikroaaltotaajuuksia hyödyntäviä lähettimiä, tarvitaan aina lupa kansalliselta säteilyviranomaiselta. Suomessa lupia myöntää Viestintävirasto. Näihin taajuusalueisiin sisältyviä kaistoja saa käyttää ilman lupaa tai etukäteisilmoitusta kunhan laitteiden ominaisuudet ovat määräysten mukaiset. /5./

Säteilyn ominaisuuksia voidaan kuvata seuraavilla parametreilla:

- **Taajuus (f) tai aallonpituus ( $\lambda$ ).** Nämä ovat käänteisesti verrannollisia toisiinsa nähden. Säteilyn taajuus saadaan jakamalla valonnopeus (c) aallonpituudella ja vastaavasti aallonpituus jakamalla valonnopeus taajuudella.

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \rightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

- **Vaihekulma.** Sillä on merkitystä etenkin kun lasketaan yhteen useita aaltoja. Vastaanottimeen saapuvat saman lähettimen lähettämät aallot etenevät usein eripituisia reittejä, jolloin syntyy interferenssiä. 180 asteen vaihe-erossa (vastakkaisvaiheiset) saapuvat aallot kumoavat toisensa ja samanvaiheisenä saapuvat aallot vahvistavat toisiaan.

- **Teho.** Lähettimen teho ja signaalin vaimentuminen siirtotiellä määräävät vastaanotetun tehon.
- **Polarisaatio.** Se kertoo aallon etenemissuuntaan kohtisuorassa suunnassa värähtelevän poikittaisen aaltoliikkeen suunnan ja määräytyy antennin kulmasta ja ominaisuuksista. Polarisaation vuoksi vastaanotto- ja lähetysantenni on syytä sijoittaa samaan kulmaan maanpinnan suhteen. Kahden WLAN -linkin välinen häiriö voidaan minimoida käyttämällä toiselle pysty- ja toiselle vaakapolarisaatiota.

Tärkein kriteeri tiedonsiirron kannalta on vastaanotettu teho, joka riippuu lähettimen tehosta sekä signaalin vaimennuksesta lähetyksen aikana. Luotettavaan tiedonsiirtoyhteyteen tarvitaan riittävä signaalin taso vastaanotopäässä suhteessa häiriöihin, S/N -suhde eli signal to noise ratio. Radiolaitteiden lähetystehoa on kuitenkin rajoitettava määräyksien ja tehonkulutuksen vuoksi. Radiolähettimen syöttö- ja lähetystehoa mitataan watteina ja siirtoyhteyden vaimennusta logaritmisella asteikolla. Se vuoksi on käytännöllisempää käsitellä tehotasoja logaritmisella desibeliasteikolla. Desibeliteho voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$P[dB] = 10 \log_{10} \frac{P}{P_{ref}}$$

$P_{ref}$  on vertailutasona yleensä käytetty yhden milliwatin teho, joka vastaa 0 dBm (nolla desibelimilliwattia). Joskus voidaan myös käyttää dBW desibelisuuretta, jonka referenssiarvona on 1 watti (W). Logaritmisesta desibeliasteikon ominaisuuksista johtuen voidaan absoluuttisten arvojen kerto- ja jakolasku muuttua yhteen- ja vähennyslaskuksi (Taulukko 1). /5./

**Taulukko 1. Desibelisuureita ja niiden vaikutuksia absoluuttiseen tehoon.**

Desibeli	Absoluuttinen arvo P	
3 dB	2 * P	Tehon kaksinkertaistuminen
6 dB	4 * P	3dB + 3dB $\Leftrightarrow 2 * 2$
9 dB	8 * P	3dB + 3dB + 3dB $\Leftrightarrow 2 * 2 * 2$
10 dB	10 * P	
20 dB	100 * P	10dB + 10dB $\Leftrightarrow 10 * 10$
30 dB	1000 * P	10dB + 10dB + 10dB $\Leftrightarrow 10 * 10 * 10$
-3 dB	P / 2	Tehon puolittuminen
-6 dB	P / 4	-(3dB * 3dB) $\Leftrightarrow P/2 * P/2$

Sähkömagneettinen säteily etenee vain tyhjiössä suoraviivaisesti ja vaimentumatta. Käytännössä säteilyn kulkuun vaikuttavat väliaine, jossa se etenee, sekä matkalla olevat esteet. Radioaaltojen etenemiseen vaikuttavat monenlaiset ilmiöt, kuten vaimeneminen, heijastuminen, taittuminen, sironta ja interferenssi. Kun käytössä on liikkuvia työasemia, voi yhden aseman liike toiseen nähden aiheuttaa taajuusvääristymiä. Tätä kutsutaan Doppler-ilmiöksi ja se aiheuttaa aaltoliikkeen taajuuteen, vaiheeseen tai aallonpituuteen näennäisen muutoksen. Ilmiön vaikutusta signaalin vääristymiseen voidaan havainnollistaa esimerkiksi: jos pianolla soitetaan G-säveltä ja kuulija liikkuu riittävällä nopeudella pois päin pianosta, alkaa sävel kuulostaa C:ltä.

/4./

Vaimennus pienentää etenevän radioaallon amplitudia ja tehoa. Vaimennukseen vaikuttaa säteilyn taajuus, väliaineen ominaisuudet sekä matka jonka radioaalto kulkee. Kaapeleille on annettu taajuuskohtaiset vaimennusarvot, jotka ilmoitetaan desibeleinä metriä kohti (dB/m). Vapaan tilan vaimentumissuhde (*Free space loss*) ilmalle voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$FSL = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) = \left( \frac{4\pi d f}{c} \right)$$

Vapaan tilan vaimeneminen desibeleinä saadaan kaavasta:

$$FSL[dB] = 92,45 + 20\log_{10}(f) + 20\log_{10}(d)$$

Tämä on yleisemmin käytetty kaava jossa taajuus annetaan gigahertseinä ja etäisyys kilometreinä. Radioaallon heijastumista tapahtuu säteilyn osuessa sopivassa kulmassa kahden väliaineen pintaan, joista toinen on usein ilma ja toinen jokin kova aine, josta säteily optisesti heijastuu. Kun tulokulma on tarpeeksi suuri, vain osa säteilystä heijastuu ja osa taittuu aineen sisään. Taittumista tapahtuu kahden eri aineen rajapinnassa, johon osuessaan säteilyn aaltoliikkeen suunta muuttuu. Tämä ilmiö on tuttu prismassa tapahtuvasta valon taitumisesta. Sironta taas on ilmiö jossa säteily hajaantuu erisuuntaisiksi aaltorintamiksi osuessaan pieneen hiukkaseen. Sironnalla on merkitystä lähinnä ilmakehässä. Koska radioaallon etenemiseen vaikuttavat monet tekijät, puhutaan usein monitie-etenemisestä. Yhden yhteyspisteen lähettämät aallot voivat saapua WLAN -sovittimen antenniin eri aikoihin ja eri vaiheessa. Interferenssi tarkoittaa kahden eri vaiheessa saapuvan aallon yhdistymistä silloin kun niiden vaihe-ero on vakio. Eri vaiheessa saapuvat aallot voivat vahvistaa (konstruktiiivinen interferenssi) tai kumota (destruktiivinen interferenssi) toisensa. Jos vaihe-ero on täsmälleen  $180^\circ$ , eli  $\Pi$  radiaania, niin aallot kumoavat toisensa. Langattomissa verkoissa käytetään hajaspektri- ja kaksiantennitekniikkaa, jolla pystytään jonkin verran kompensoimaan monitie-etenemisen aiheuttamaa häipymistä. /5./

Langattomien lähiverkkojen yleisimmin käyttämät tekniikat perustuvat IEEE802.11 -standardiin, josta on olemassa eri teknologiasukupolvina syntyneet versionsa. Taulukossa 2. on lueteltu muutama yleisimmistä käytössä olevista langattomista tekniikoista, sekä uusin vuonna 2009 valmistunut 802.11n -standardi. /7./

**Taulukko 2. Yleisimmät IEEE802.11 -standardit. /7./**

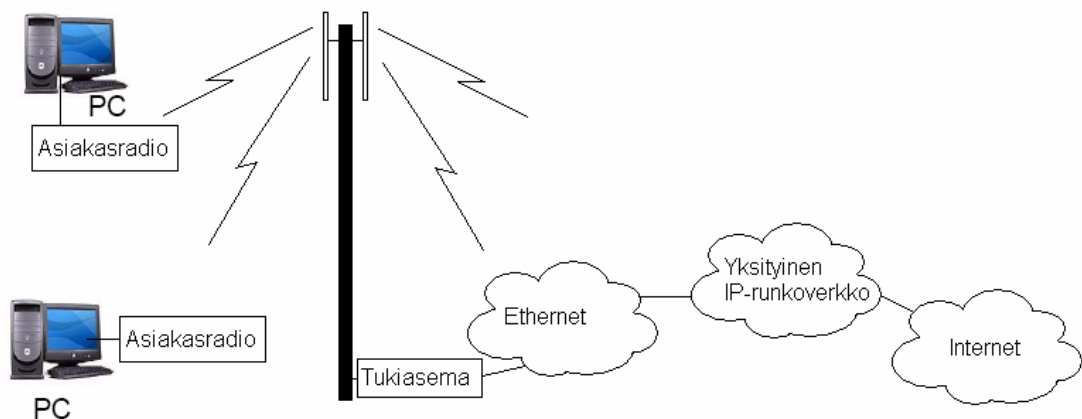
<b>IEEE802.11 -standardit</b>			
<b>Numero</b>	<b>Taajuusalue</b>	<b>Modulointi</b>	<b>Kapasiteetti</b>
802.11	2,4 GHz	FHSS tai DSSS	2 Mbit/s
802.11a	5 GHz	OFDM	54 Mbit/s
802.11b	2,4 GHz	DSSS + CCK	11 Mbit/s
802.11g	2,4 GHz	DSSS + CCK tai OFDM	54 Mbit/s
802.11h	5 GHz	OFDM	54 Mbit/s
802.11n	60 GHz		600 Mbit/s

Nykyisten langattomien lähiverkkojen nopeudet ovat 2-54 Mbit/s luokkaa, käytännön siirtonopeus työasemaa kohti ehkä kymmenesosan tästä. Uusin 802.11n -standardi mahdollistaa teoriassa jopa 600 Mbit/s. Käytännössä N-tekniikassa siirtonopeus on noin 130 Mbit/s. Uusi tekniikka merkitsee siis nopeuden merkittävää kasvua, sillä aikaisemmat tiedonsiirtonopeudet lähiverkossa ovat liikkuneet 5-20 Mbit/s tienoilla. /8./

Megabittiluokan siirtonopeus riittää internet -selailuun, perinteisiin verkkosovelluksiin sekä tiedosto- ja tulostuspalveluihin. Todella suurten tietomäärien siirtämiseen sen kapasiteetti on riittämätön ja raskaimmissa toteutuksissa hyödynnetäänkin yleiskaapelointia nopean lähiverkkoratkaisun saavuttamiseksi. Langattoman verkon suurimpia haasteita kiinteään verkkoon verrattuna ovatkin suorituskyky ja siirtokapasiteetti. Lisäksi haasteita tuo tietoturvan toteuttaminen, josta on radiosignaalin ominaisuuksien vuoksi hankala saada kattavaa ja aukotonta. Radioaaltojen etenemistä on vaikea kontrolloida ja verkon suorituskykyyn vaikuttavat lukuisat tekijät aina sääolosuhteista fyysisiin esteisiin ja häiriölähteisiin. Nämä aiheuttavat päätelaitteen kentänvoimakkuudessa, bittinopeudessa ja lähetystehossa muutoksia. Lisäksi verkon peiton rajoittaminen halutulle alueelle on käytännössä mahdotonta. /5./

Edellä mainittujen tekijöiden vuoksi langattoman verkon suunnittelu ja asennus on haastavampaa kuin kiinteän tietoverkon suunnittelu ja asennus. Myös ylläpito on

vaativampaa kuin perinteisten lankaverkkojen ylläpito. Langattoman verkon ja siihen liitetyn Ethernet -verkon mitoitus on myös hankalaa verkon dynaamisuuden vuoksi. Päätelaitteiden määrä verkossa voi vaihdella ja yhteyspisteen bittinopeus muuttua, minkä vuoksi langattoman lähiverkon kiinteään verkkoon syöttämää datavirtaa on vaikea ennustaa. Vaihtuvien olosuhteiden vuoksi vakaa verkko voi nopeasti muuttua epävakaaksi eikä tarjoakaan riittävää palvelutasoa käyttäjilleen. Oman ongelmansa tuovat epäyhtenäiset 802.11 -standardit, jotka eivät tarjoa täydellistä yhteensopivuutta eri valmistajien laitteiden välillä. Yhden valmistajan laitteiden käyttö vähentäisi yhteensopivuusongelmaa, mutta sitoisi käyttäjäorganisaation tietyn valmistajan tuotepolitiikkaan. Nämä kaikki lisäävät langattoman verkon kokonaiskustannuksia, ja korkeampien kustannuksien vastapainoksi langattoman verkon odotetaan tarjoavan uusia palveluita ja lisäävän työn tuottavuutta sekä nostavan palvelutasoa. Langatonta verkkoa suositellaankin täydentämään kiinteää verkkoa, ei korvaamaan sitä täysin. WLAN -tekniikkaa kannattaakin käyttää siellä, missä sen edut tulevat esiin, eli silloin kun liikkuvuudesta on suuri hyöty tuottavuuden kannalta. /5./



**Kuva 4. Langaton laajakaistaverkko. /6./**

Langaton lähiverkko koostuu tukiasemista, asiakaspäätelaitteista sekä IP-runkoverkosta. Tärkeintä verkon suunnittelussa on tukiasemien sijoittelu, koska niiden määrä ja sijainti vaikuttavat verkon palveluiden saatavuuteen sekä verkon rakentamisesta aiheutuviin kustannuksiin. Kuvassa 4. on esimerkki kiinteästä langattomasta laajakaistaverkosta. /6./

## 4 JUKOLA 2009 LÄHIVERKON TOTEUTUS

Jukolan viesti on yksi maailman suurimmista suunnistusviestikilpailuista, joka on järjestetty ensimmäisen kerran vuonna 1949 Helsingin seudulla. Jukolan suunnistuskilpailu järjestetään joka vuosi eri paikkakunnalla ja vuonna 2009 kilpailu järjestettiin Mikkelin raviradalla ja sen ympäristössä. Jukolan ja Venlojen viesteissä on yhteensä noin 12000 kilpailijaa Suomesta ja ulkomailta. Jukolan viestin johtoryhmän muodostavat Kaukametsäläiset yhdessä Suomen Suunnistusliiton ja Puolustusvoimien edustajien kanssa. Kaukametsäläiset ovat Jukolan viestien perustaja ja oikeuksien omistaja. /9./

Lähiverkon toteutuksesta vastasi Jukolan IT -valiokunta, joka koostui useasta yhteistyötä keskenään tekevästä eri tahosta. Puolustusvoimat toimittivat sisäverkon kytkimet, työasema- ja palvelinlaitteet ja osan verkkokaapeloinnista sekä vastasivat työasemien ja palvelinlaitteiden käyttöjärjestelmien ja ohjelmien asennuksesta. Lähiverkon suunnittelu, toteutus ja ylläpito toteutettiin opinnäytetyönäni yhteistyössä Jukolan IT -valiokunnan asiantuntijoiden kanssa. Mikkelin ammattikorkeakoululta saatiin myös käyttöön viisi Ciscon Catalyst kytkintä, sekä kolme Ciscon langatonta yhteyspistettä (WLAN Access Point). Stonesoft Oyj toimitti lähiverkkoa varten palomuurin ja sen konfiguroinnista ja ylläpidosta vastasi yrityksen oma asiantuntija. Maastokaapelointiin osallistui Viestirykmentti Riihimäeltä.

Kytkimistä suurin osa ja langattomista yhteyspisteistä kaikki olivat Ciscon laitteita, lisäksi käytössä oli muutama HP:n Procurve -kytkin. Kaikki työasemat ja palvelimet olivat Lenovo -merkkisiä, käyttöjärjestelmänään Windows XP. Emit -järjestelmän avulla toteutettiin edellisvuosien tapaan Jukolan viestien elektroninen leimaus ja tulosseuranta. Jukola 2009 esitysratkaisut ja -laitteet tuotti Avek Oy.

### 4.1 Tavoitteiden määrittely

Jukola 2009 lähiverkon tärkein tehtävä oli tulospalveluiden tuottaminen ensisijaisesti kilpailijoille, mutta tietenkin myös suurelle yleisölle. Haaste oli melkoinen, sillä Jukolan viesti on yksi maailman suurimmista viestikilpailuista ja kilpailuihin

osattiinkin odottaa osallistuvan suunnistajia ja yleisöä yhteensä kymmeniä tuhansia ihmisiä. Kun mukaan lasketaan vielä kilpailuja internetin ja suorien tv-lähetysten kautta seuranneet, kasvaa tulospalveluiden käyttäjämäärä entisestään.

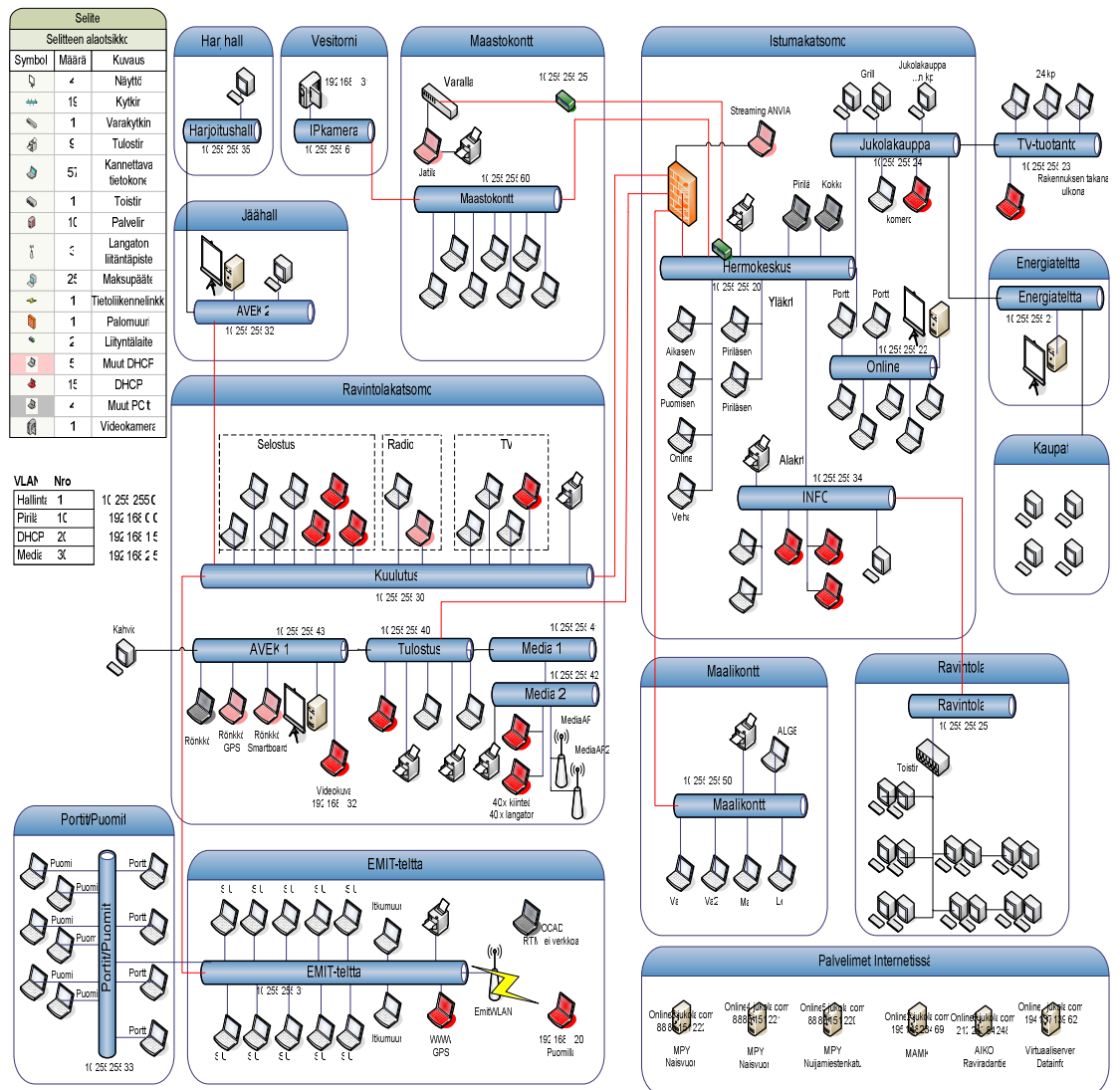
Koska kilpailu pidettiin yhden viikonlopun aikana, oli tärkeimpänä tavoitteena lähiverkon luotettavuus ja vakaus. Pienelläkin häiriöllä verkossa olisi voinut olla suuret vaikutukset, kun kyseessä oli alle kahden vuorokauden mittainen ajanjakso, jonka aikana verkossa siirrettiin suuret määrät dataa eikä pitkille huoltokatkoksille ollut varaa. Häiriöiden minimointi ja riskien tunnistaminen niin etukäteen, kuin itse kilpailunkin aikana, oli tärkeää mahdollisimman luotettavan dataverkon aikaan saamiseksi. Tämän vuoksi panostimme myös verkon monitorointiin ja valvontaan niin paljon kuin se vain resurssien puitteissa oli mahdollista.

#### **4.2 Jukola 2009 lähiverkon suunnittelu ja tarpeiden analysointi**

Jukola 2009 lähiverkon suunnittelu aloitettiin jo vuoden 2008 aikana IT-valiokunnan toimesta. IT-valiokunta oli jaettu toimintojen perusteella eri sektoreihin, joiden vetäjät kokoontuivat kilpailuja edeltävän vuoden aikana kerran kuussa. Suunnittelun pohjana käytettiin aikaisempina vuosina järjestettyjen Jukolan kisojen lähiverkkoratkaisuja ja niistä tehtyjä dokumentteja.

Käyttäen apunani Jukola -kilpailuiden edellisten vuosien lähiverkoista piirrettyjä dokumentteja piirsin Microsoft Visio -sovelluksella verkkokaavion, joka sisälsi tärkeimmät verkon segmentit ja komponentit. Pääkaaviossa oli kuvattuna koko lähiverkko ja kaikki siihen kuuluvat aktiivilaitteet, sekä niitä yhdistävät mediat. Tässä pääkuvassa näkyivät kaikki verkon kytkimet ja muut aktiivilaitteet, kaapelointi, palvelimet, tulostimet, maksupäätteet, screenit sekä osa työasemista. Kaaviosta oli nähtävissä aktiivilaitteiden ip -osoitteet (niin sanottu hallintaverkko), sekä laitteiden ja kaapeloinnin sijoittuminen fyysisesti lähiverkkoon. (Liite 1.)

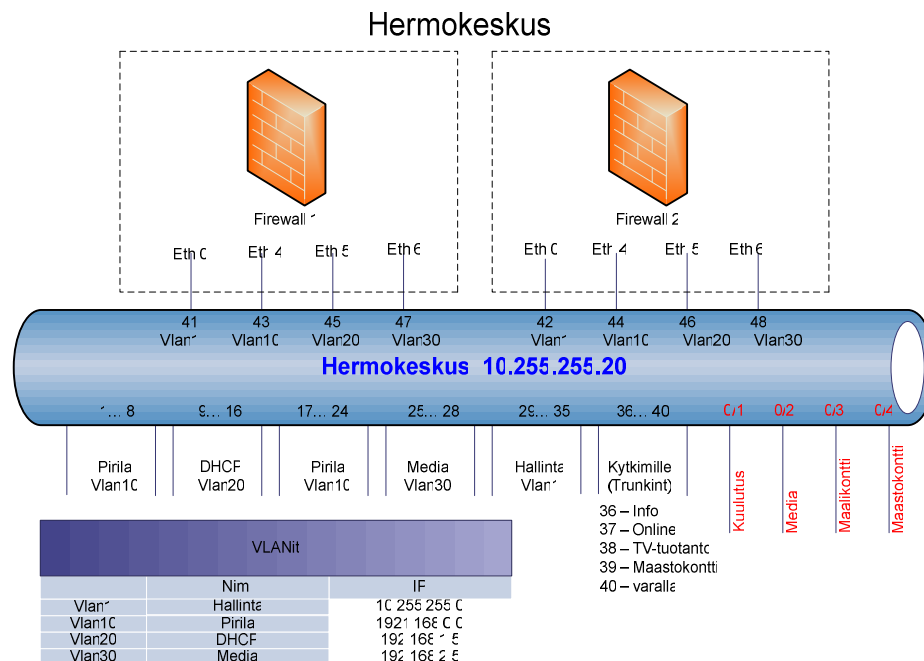




**Kuva 5. Jukola 2009 -verkkokuva vsd -tiedostona. (Liite 1.)**

Jokaisesta verkon aktiivilaitteesta piirsin myös yksityiskohtaisemman kuvan, jossa näkyivät porttikohtaiset asetukset, kuten vlanit sekä tulo- ja lähtöportit ja niissä käytettävä media. Tulo- ja lähtöportteihin merkitsin kytkimeen liitetyn laitteen nimen, samat nimet konfiguroitiin porttien kuvaukseen yhdenmukaisuuden toteuttamiseksi. Hermokeskus -kytkimestä piirtämääni kuvaan liitin mukaan myös kuvan palomuurista, sekä laitteet yhdistävät portit. Osa kytkimistä oli kuituyhteydellä ja osa kuparilla liitettynä verkkoon. Periaatteena kaikissa kuvissa oli merkitä kuituyhteydet punaisella ja kupariyhteydet mustalla värillä. Värikoodia käytettiin myös verkkopäätteiden merkitsemisessä; dhcp -palvelimelta ip-osoitteensa saavat laitteet merkittiin punaisella värillä, ja laitteet joilla oli staattinen ip olivat valkoisia. Näin verkon hahmottaminen oli helpompaa, kun yhdellä silmäyksellä saattoi nähdä siirtomedioiden tyytit ja erottaa tärkeimmät vlanit toisistaan. Kytkinkohtaisista kuvista kävi myös ilmi kytkimen

kapasiteetti (porttien lukumäärä) ja jokaiseen erilliseen kuvaan liitin taulukon vlaneista ja niiden ip -avaruudesta.



**Kuva 6. Hermokeskuksen kytkin. (Liite 2.)**

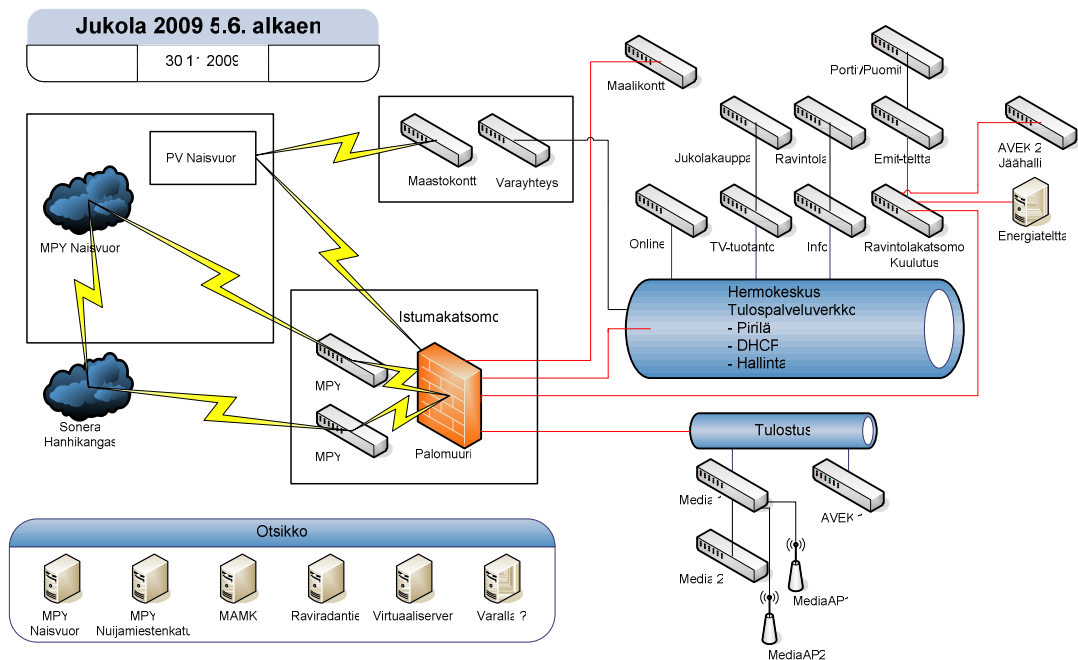
Verkkopalveluina oli tarkoitus tuottaa reaaliaikaisia tuloksia ja videokuvaa internetiin, sekä toteuttaa online-väliaikojen saaminen rasteilta. Lähiverkon avulla mahdollistettiin myös kilpailun seuraaminen kuulutuksen ja videotaulujen avulla, sekä tarjottiin Urheilukanavan tarvitsemat palvelut suoran TV-lähetyksen tuottamiseksi. Lisäksi lähiverkon tuli palvella Jukolan kisojen eri toimintayksiköiden tarpeita luoden nopeita ja turvallisia yhteyksiä niin verkon sisällä, kuin sisä- ja ulkoverkon välilläkin. Näitä toimintoja olivat muun muassa kilpailujen ajaksi pystytetyt kaupat, myyntikojut, yhteistyökumppaneiden esittelyteltat, kahvila ja ravintola sekä mediaa varten rakennettu langaton lähiverkko. Verkossa siirtyi siis monenlaista sisältöä kilpailutuloksista liikkuvaan kuvaan sekä maksuliikennettä maksupäätteiden kautta.

### 4.3 Lähiverkon rakenne

Ulkoverkon ja Jukola 2009 -lähiverkon rajapinnassa sijaitsi kahdennettu Stonegate FW-1020e palomuuuri, jonka edessä ulkoverkon puolella sijaitsi kaksi Mikkelin Puhelin Oyj:n (MPY) kytkintä, joista oli yhteys internetiin ja ulkoverkkoon. Kytkimet

olivat Cisco Catalyst merkkisiä. Lähiverkko rakennettiin 19 kytkimen ja kolmen langattoman access pointin avulla ja verkko oli jaettu neljään virtuaaliverkkoon (VLAN):

- Hallinta vlan
- Pirila vlan
- DHCP vlan
- Media vlan



**Kuva 7. Jukola verkon periaatekuva (Liite 4.)**

Hallintaverkkoon kuuluivat kaikki kytkimet, sekä muutama verkon hallintaa, ylläpitoa ja monitorointia varten ollut työasema. Hallintaverkossa laitteilla oli kiinteät ip – osoitteet jotka kuuluivat verkkoon 10.255.255.0. Pirila vlaniin kuuluivat tulospalvelun palvelimet ja työasemat. Sen ip-osoitteet kuuluivat verkkoon 192.168.0.0 ja työasemille annettiin staattiset ip-osoitteet. Pirila vlan sisälsi yhteensä 64 laitetta, joista kaksi oli Pirilä-palvelimina toimineita Lenovo ThinkCentre työasemia ja loput LenovoT61 kannettavia työasemia. Työasemiin asennettiin käyttöjärjestelmäksi Windows XP Professional ja virustorjuntaohjelmaksi valittiin ilmainen Avast Antivirus-sovellus. Lisäksi koneisiin asennettiin tulospalvelun kannalta tarpeelliset sovellukset. Näitä olivat VNC -etähallintaohjelma, About Time ajan synkronointiohjelma, Adobe Reader sekä BGINFO -ohjelma, joka tulostaa tietokoneen näytölle laiteinformaation. Lisäksi työasemiin asennettiin niiden tehtävästä riippuen joko Pirilä tai Tulostaulu -sovellus. Pääsääntöisesti Pirila -verkon työasemista ei ollut

pääsyä ulkoverkkoon ja internetiin lukuun ottamatta muutamaa tulospalvelun kannalta tärkeää työasemaa kuten aikapalvelinta, josta oli sallittu pääsy aikapalvelinklusteriin. Pirila -tulospalveluverkkoon kuuluivat Emit-, online-, portti- ja puomityöasemat ja -palvelimet, sekä maalikontin ja maastokontin työasemat. Tulospalveluverkkoon oli pääsy myös TV-tuotannon, Infon, Avekin ja luonnollisesti tulostuksen, kuulutuksen ja hermokeskuksen kytkimistä.

Emit on elektroninen leimausjärjestelmä, jonka toimintoja ovat kilpailijoiden sisään kirjautuminen (alkuleimaus), leimantarkastus rasteilla ja maalileimaus. Kilpailijalla on mukanaan elektroninen, mikrosirulla varustettu kilpailukortti, joka laitetaan rastilla lukijaan eli leimasimeen, jolloin korttiin rekisteröityy rastin tunnus sekä väliaika. Mikrosirulta voidaan lukea kuljettu aika väliaikoinen, sekä leimat kilpailijan saavuttua maaliin. Kun kilpailija tekee leimauksen maalileimasimella, pysähtyy ajanotto ja tulokset puretaan tietokoneelle jolla ylläpidetään tulos- ja väliaikatietoja. Korttiin rekisteröityneitä tietoja verrataan ratatietoihin tuloslaskentajärjestelmässä ja näin voidaan todeta että kilpailija on käynyt oikeilla rasteilla.

Emit -järjestelmän avulla ylläpidetään myös Online -väliaikoja suoraan väliaikarasteilta metsästä. Rastien kaapeloinnista vastasi Riihimäen viestirykmentti, joka rakensi kuparikaapeloinnin rasteilta tulospalveluverkkoon. Online -palvelut tarjoavat kilpailijoille tietoa lähtölistoista, omasta loppuajasta, väliajoista, sijoituksen ja erot kärkeen. Emit ja Online mahdollistavat väliaikojen analysoinnin kilpalun päätyttyä monipuolisesti niin numeerisesti kuin graafisestikin. Viime vuosien aikana suunnistuskilpailuissa on lisääntynyt GPS -seurannan käyttö. Kilpailija kantaa mukanaan kevyttä GPS/GPRS -laitetta, jonka lähettämän tiedon perusteella suunnistajien etenemistä voidaan seurata reaaliaikaisesti internetissä ja esittää myös tapahtumapaikalla.

DHCP- ja Mediaverkoilla oli dynaamiset osoitteet ja niitä varten konfiguroitiin Hermokeskuksen reitittävään kytkimeen dhcp -palvelin, jossa oli kaksi eri dhcp -poolia. DHCP -virtuaalilähiverkkoon kuuluivat kaikki kilpailuissa mukana olleet maksupäätteet. Jukolaan perustettiin kisojen ajaksi Suunnistajan kauppa ja Intersport, joiden maksupäätteet liitettiin DHCP -vlaniin. Lisäksi Jukolassa toimineiden kahvilan, grillin ja ravintolan maksupäätteet liitettiin DHCP -vlaniin. Jukolakaupan

maksupääätteiden yhteys oli toteutettu pakettikytkentäisen GPRS -tiedonsiirtopalvelun avulla.

Media -verkko suunniteltiin tietoturvasyistä alun perin fyysisesti muista vlaneista erilliseksi, palomuriin omalla yhteydellään kytketyksi verkoksi. Muista vlaneista poiketen Media -verkko sijaitsi fyysisesti rajatulla alueella ja tarkoituksena oli, että sen dataliikenne ei kulkisi tulospalveluverkon läpi ollenkaan. Paikan päällä Mikkelin Raviradalla tämän toteuttaminen koettiin kuitenkin hankalaksi. Media -kytkimien liittäminen suoraan lähiverkon rajapintaan olisi ollut työlästä, joten yhteys kulki tulostuksen kytkimen kautta Hermokeskukseen ja siitä edelleen ulkoverkkoon. Jostain syystä tulostuksessa ollut kytkin jakoi muutaman kerran DHCP -vlanissa olleille työasemille Media dhcp -poolista ip -osoitteita. Tämä tapahtui siitakin huolimatta, että kyseisten työasemien kytkinportteihin oli sallittu vain DHCP -vlan liikenne. Tätä tapahtui kuitenkin vain muutaman kerran, ja kun työasema manuaalisesti *ipconfig /release* ja *ipconfig /renew* -komennoilla konfiguroitiin pyytämään palvelimelta uusi osoite, tuli ip -osoite oikeasta dhcp -poolista.

Media -verkossa tarjottiin lehdistölle kiinteän yhteyden lisäksi myös langaton yhteys, joka toteutettiin kahden Cisco 1200 Access Pointin avulla. Emit -teltaan rakennettiin yhden access pointin avulla myös langaton verkko vaihtoalueella liikkuvia median haastattelijoita varten. Verkon SSID -tunnus asetettiin piilotetuksi ja autentikointi tapahtui WEP -salauksen avulla. Emit -teltan ja mediatilan langattomat yhteydet olivat toisistaan riippumattomia verkkoja ja niillä oli eri SSID -tunnukset.

Stonegate on laite, jossa yhdistyvät palomuri, turvallisen etäkäytön mahdollistava VPN (*Virtual Private Network*) sekä hyökkäyksen havainnointi- ja estojärjestelmä IPS (*Intrusion Prevention System*). IPS havaitsee ja estää verkkosegmentissä tapahtuvat hyökkäykset sekä vahvistaa verkon suojaa lähettämällä niin sanottuja blacklist-pyyntöjä lähiverkon palomuri-infrastruktuuriin. Tällaista haitallista liikennettä ovat esimerkiksi DoS- eli palvelunestohyökkäykset, sekä vertaisverkko (peer-to-peer) ja suoratoisto (streaming media) -sovellusten lähettämä dataliikenne verkkoon. Transparent Access Control eli TAC -moduulin avulla voidaan hallita käyttäjien pääsyä verkon eri segmentteihin. Stonegate FW-1020e palomuurin teoreettinen suoritusnopeus on 500 Mbit/s ja siinä on kuusi rajapintaa liitäntöjä varten. Sen

kapasiteetti on 500 000 yhteyttä samanaikaisesti ja 5000 yhteyttä sekunnissa. Stonesoft Oyj toimitti Jukola 2009 -lähiverkkoa varten palomuurin ja sen konfiguroinnista ja ylläpidosta vastasi yrityksen oma asiantuntija

Palomuuriasetuksilla määriteltiin verkkojen välinen liikenne, sekä pääsilylistat verkosta ulos ym. tietoturvakonfiguroinnit. Palomuurissa tehtiin myös NAT -osoitteenmuunnos sisäverkon private ip -osoitteille julkista liikennöintiä varten.

Kilpailun tuloksia pystyi seuraamaan myös erillisen infomediaratkaisun avulla. Inforatkaisun suunnittelusta ja toteutuksesta vastasi kuopiolainen Avek Esitysratkaisut Oy, joka toimitti kilpailukeskukseen 40 -tuumaiset LCD -näytöt, dataprojektorit, SMART Board -esitystaulun ja Onelan -verkon. Onelan -verkkoa hallittiin nettiselaimella, joka toimi Jukola 2009 -lähiverkossa. Järjestelmää varten konfiguroitiin kaksi omaa kytkintä, joiden portteihin määriteltiin DHCP -vlan, eli järjestelmässä olleet laitteet saivat dynaamisen IP -osoitteen lukuun ottamatta järjestelmän valvojan käyttämiä hallintatyöasemia, joihin IP -osoitteet määriteltiin staattisiksi. Järjestelmään kuuluvilta infotauluilta pystyi samanaikaisesti seuraamaan erilaisia sisältöjä, kuten kilpailun tuloksia, järjestäjien tiedotteita, uutisia ja yhteistyökumppaneiden mainoksia. Lisäksi infojärjestelmän avulla pystyttiin saamaan näytöille tietoa kilpailijoiden GPS -seurannasta sekä IP -kameran tuottamaa kuvaa suunnistus reiteiltä. Sisällön päivittäminen tapahtui keskitetysti yhdeltä laitteelta ja kilpailutuloksia pystyttiin seuraamaan reaaliaikaisesti kaikilta alueen näytöiltä.



**Kuva 8. Avek Esitysratkaisut Oy:n toimittaman järjestelmän infotaulu.**

#### 4.4 Jukola 2009 lähiverkon rakentaminen ja ylläpito

Jukola 2009 -lähiverkko rakennettiin ensin toukokuun 2009 aikana laboratorioympäristöön Karkialammen entiselle varuskunta-alueelle. Demoverkko sisälsi testauksen kannalta tärkeimmät elementit kuten palomuurin ja muut aktiivilaitteet, osan työasemista, tulostimen ja Emit -järjestelmän. Kaikki Jukolaan tulevat kytkimet konfiguroitiin etukäteen ja verkkoa testattiin ja hienosäädettiin laboratorio-olosuhteissa. Muutamalle kriittisessä paikassa olleelle kytkimelle (hermokeskus, maastokontti, kuulutus) konfiguroitiin valmiiksi varakytkin, mutta niitä ei kisan aikana tarvittu. Demoympäristössä harjoiteltiin varmuuden vuoksi myös kytkentöjen yliheittoa pääkytkimeltä varalaitteeseen.

Maastokaapeloinnin Online-palvelua ja metsään sijoitettuja kameroita varten rakensi Riihimäen Viestirykmentin osasto. Kaapeloinnissa käytettiin hyväksi myös alueella valmiina olleita kiinteitä yhteyksiä. Pirilä -verkon kytkimien, palvelimien sekä palomuurin virransyöttö varmistettiin paikallisilla 1-5 kVA:n UPS -laitteilla.

Hermokeskuksessa sijaitsevaan reitittävään kytkimeen konfiguroitiin dhcp -palvelin ja siihen kaksi dhcp poolia, verkot 192.168.1.0 DHCP -vlania ja 192.168.2.0 Media -vlania varten. Palvelimen lease ajaksi määriteltiin 12 tuntia, eli palvelin varasi poolista osoitteen 12 tunniksi kerrallaan verkkopäätteelle. Molemmista pooleista varattiin ip-osoitteita tulostimia, hallintatyöasemia ja muita staattisen osoitteen vaatimia laitteita varten (*excluded-address*). Dhcp pooleihin määriteltiin myös dns -palvelimien sekä oletusyhdyskäytävän ip -osoitteet. Ethernet -portit määriteltiin access tai trunk moodiin riippuen siitä, oliko portti tarkoitettu työasemakytkentää vai kahden kytkimen välistä yhteyttä varten. Hermokeskuksen kytkimen ethernet portit 0/36 - 0/40 konfiguroitiin trunk porteiksi (*switchport mode trunk*), sillä niistä oli kytkentä viereisiin kytkimiin. Portit myös nimettiin toisessa päässä olleiden kytkinten mukaan selkeyttämään kytkentöjen tarkoitusta. Koska kytkin sijaitsi sisä- ja ulkoverkon välissä olleen palomuurin rinnalla sisäverkon puolella, sen ethernet porteista 0/41 - 0/48 konfiguroitiin jokaista vlnia kohti kaksi access mode -yhteyttä palomuurille (*switchport mode access*). Työasemaportit määriteltiin myös access mode -porteiksi.

Konfiguraation selkeyttä lisäsi jokaisen portin nimeäminen joko siinä sallitun vlan - liikenteen mukaan tai portista lähteneen kytkennän mukaan. Kaikki kytkimet nimettiin komennolla "hostname" niiden toimintojen perusteella. Vlan1 -rajapintaan määriteltiin jokaiselle kytkimelle oma hallinta ip ja Hermokeskuksen kytkimeen lisäksi kaikkien vlan -rajapintojen ip -osoitteet.

### Hermokeskus -kytkimen konfiguraatio tiedosto (Liite 13.):

```

Current configuration : 7693 bytes
!
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
service password-encryption
!
hostname Hermokeskus
!
username admin secret 5 $1$1S/n$Cb5dF7VrcsDerpJzE9M12/
aaa new-model
aaa authentication login default local
aaa authentication enable default none
!
aaa session-id common
system mtu routing 1500
vtp mode transparent
ip subnet-zero
ip dhcp excluded-address 192.168.1.255
ip dhcp excluded-address 192.168.2.0 192.168.2.20
ip dhcp excluded-address 192.168.2.255
ip dhcp excluded-address 192.168.1.0 192.168.1.40
!
ip dhcp pool DHCP
    network 192.168.1.0 255.255.255.0
    default-router 192.168.1.1
    dns-server 82.197.20.5 82.197.20.6
    lease 0 12
!
ip dhcp pool Media
    network 192.168.2.0 255.255.255.0
    default-router 192.168.2.1
    dns-server 82.197.20.5 82.197.20.6
    lease 0 12
!
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
!
vlan internal allocation policy ascending
!
vlan 10
    name Pirila
!
vlan 20
    name DHCP
!
vlan 30
    name Media
!
interface FastEthernet0/1

```



```
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/2
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/3
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
----
!
interface FastEthernet0/9
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/10
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
----
!
interface FastEthernet0/25
description "Media"
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/26
description "Media"
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
----
!
interface FastEthernet0/29
description "Hallinta"
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/30
description "Hallinta"
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
----
!
interface FastEthernet0/36
description Info
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/37
description ON-line
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
----
!
interface FastEthernet0/40
description Maastokontti kupari
```

```

switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface FastEthernet0/41
description VLAN1 Palomuurille
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/42
description VLAN1 Palomuurille
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/43
description VLAN10 Palomuurille
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
----
!
interface FastEthernet0/48
description VLAN30 Palomuurille
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface GigabitEthernet0/1
description "Kuulutus"
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/2
description "Tulostus"
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/3
description Maalikontti
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/4
description Maastokontti
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface Vlan1
ip address 10.255.255.20 255.255.255.0
no ip unreachable
no ip route-cache
no ip mroute-cache
!
interface Vlan10
ip address 192.168.0.5 255.255.255.0
no ip unreachable
no ip route-cache
no ip mroute-cache
!
interface Vlan20
ip address 192.168.1.5 255.255.255.0
no ip unreachable
no ip route-cache

```

```

    no ip mroute-cache
    !
interface Vlan30
    ip address 192.168.2.5 255.255.255.0
    no ip unreachable
    no ip route-cache
    no ip mroute-cache
    !
ip default-gateway 10.255.255.1
ip classless
ip http server
!
radius-server source-ports 1645-1646
!
control-plane
!
line con 0
line vty 0 4
    length 0
line vty 5 15
!
end

Hermokeskus#

```

Jukola 2009 -verkkoon rakennettiin kaksi toisistaan riippumatonta langatonta WLAN -verkkoa palvelemaan median tarpeita. Cisco 1200 Access Point tukiasemia sijoitettiin mediallyle varattuun tilaan kaksi kappaletta ja yksi tukiasema Emit -teltaan. Tukiasemat asetettiin lähettämään SSID -tunnusta ilmatielle ja autentikoinnissa käytettiin 128 bittistä WEP -avainta. Salaus olisi voinut olla vahvempikin, mutta tällä pärjättiin hyvin kun kyseessä oli väliaikaiseksi tarkoitettu yhteys. Tällä ratkaisulla haluttiin myös palvella käyttäjiä tarjoamalla riittävän helppo pääsy verkkoon. Access Pointin BVII -rajapintaan määriteltiin tukiaseman hallinta ip -osoite, johon oli mahdollisuus ottaa etäyhteys selaimella. Selaimella kirjauduttiin käyttöliittymään ja sen avulla oli mahdollista määrittellä asetuksia ja monitoroida radiorajapintojen tilaa.

Mediallyle varattuun tilaan sijoitetun Cisco 1200 Access Point tukiaseman konfiguraatiodosto (Liite 14.):

```

Current configuration : 1981 bytes
!
version 12.3
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
service password-encryption
!
hostname MediaAP1
!
ip subnet-zero
ip domain name fwl.com
!
aaa new-model

```

```

!
aaa authentication login default local
aaa authorization exec default local
aaa session-id common
!
dot11 ssid Jukola2009
    authentication open
    guest-mode
    infrastructure-ssid
!
username Cisco password 7 00271A150754
username admin privilege 15 password 7 112E10171B22041B0138
!
bridge irb
!
interface Dot11Radio0
    no ip address
    no ip route-cache
    !
    encryption key 1 size 128bit 7 E8F3E6B86FD014B6ED315DD60EE2 trans-
mit-key
    encryption mode wep mandatory
    !
    ssid Jukola2009
    !
    speed basic-1.0 basic-2.0 basic-5.5 basic-11.0
    channel 2412
    station-role root
    bridge-group 1
    bridge-group 1 subscriber-loop-control
    bridge-group 1 block-unknown-source
    no bridge-group 1 source-learning
    no bridge-group 1 unicast-flooding
    bridge-group 1 spanning-disabled
!
interface Dot11Radiol
    no ip address
    no ip route-cache
    !
    encryption key 1 size 128bit 7 95FE07AC047B3EAEC2304505241B trans-
mit-key
    encryption mode wep mandatory
    !
    ssid Jukola2009
    !
    speed basic-6.0 9.0 basic-12.0 18.0 basic-24.0 36.0 48.0 54.0
    station-role root
    bridge-group 1
    bridge-group 1 subscriber-loop-control
    bridge-group 1 block-unknown-source
    no bridge-group 1 source-learning
    no bridge-group 1 unicast-flooding
    bridge-group 1 spanning-disabled
!
interface FastEthernet0
    no ip address
    no ip route-cache
    duplex auto
    speed auto
    bridge-group 1
    no bridge-group 1 source-learning
    bridge-group 1 spanning-disabled
    hold-queue 160 in
!
interface BVI1
    ip address 192.168.2.11 255.255.255.0
    no ip route-cache
!

```

```

ip default-gateway 192.168.2.1
ip http server
ip http authentication aaa
no ip http secure-server
ip                               http                               help-path
http://www.cisco.com/warp/public/779/smbiz/prodconfig/help/eag
!
control-plane
!
bridge 1 route ip
!
line con 0
line vty 0 4
!
end

MediaAP1#

```

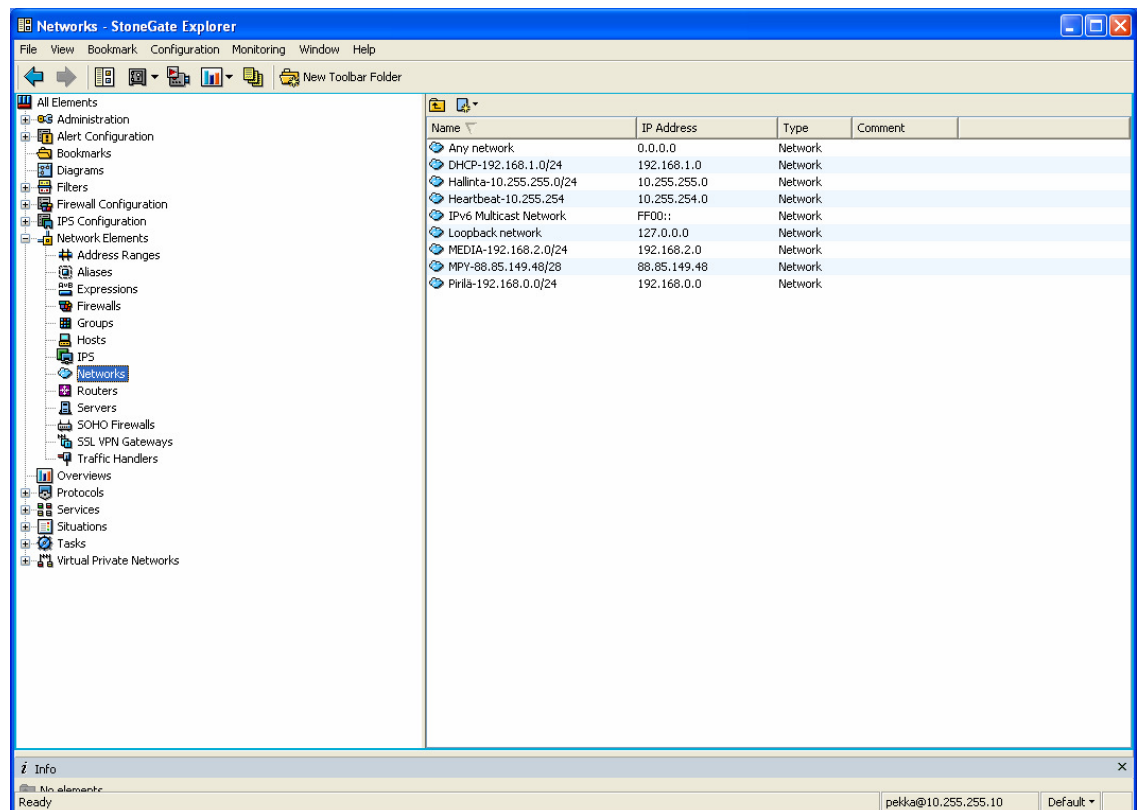
Viikko ennen Jukolan kisoja, 5.6. perjantaina palomuri ja Hermokeskuksen kytkimet siirrettiin varuskunta-alueelta Mikkelin Raviradalle. Seuraavan viikon aikana loputkin aktiivilaitteet ja työasemat siirrettiin kisapaikalle. Torstaina 11.6. Raviradalla pidettiin kenraaliharjoitus, jossa 50 joukkuetta kiersi noin kilometrin mittaisen kolmirastisen radan läpi. Kenraaliharjoituksen aikana testattiin lähiverkon ja siihen liitettyjen toimintojen kuten tulospalvelun ja emit-leimausjärjestelmän toimivuutta. Verkossa ei ilmennyt kenraaliharjoitusten aikana mitään isompia ongelmia.

Yhteydet kytkimien välille rakennettiin pääasiassa kategorian cat5 ja cat7 parikaapeleilla, sekä yksimuotovalokuidulla. Matkat kytkimien välillä vaihtelivat muutamasta metristä aina hermokeskuksen ja maastokontin melkein kymmenen kilometrin mittaiseen etäisyyteen. Osa yhteyksistä oli jo valmiina ja mm. Soneran ja MPY:n valokuituyhteyksiä käytettiin hyväksi datayhteyksiä rakennettaessa. Hermokeskuksen ja maastokontin välille rakennettiin kaksi kuituyhteyttä, joista toinen oli varalla. Varayhteyttä ei kuitenkaan tarvinnut käyttää, sillä kaikki yhteydet toimivat koko kisojen ajan.

Verkon monitorointia varten yhteen hallintatyöasemaan asennettiin monitorointi-sovellus. Tämä sovellus pingasi kaikkia verkon laitteita aktiivilaitteista työasemiin ja ilmoitti laitteiden tilan verkossa. Sovelluksen avulla seurattiin etenkin kytkinten tilaa, jotta mahdollisessa häiriötilanteessa voitaisiin nopeasti paikantaa verkosta tippunut laite ja aloittaa vianetsintä. Tämä oli tärkeä apu verkon monitoroinnissa, koska kytkimet sijaitsivat fyysisesti kaukana toisistaan ja osa kytkimistä sijaitsi toisen kytkimen takana. Ilman monitorointi ohjelmaa olisi ollut hankala päätellä mikä verkon kytkimistä on pudonnut verkosta. Lisäksi verkkoa valvottiin ja yhteyksiä testattiin

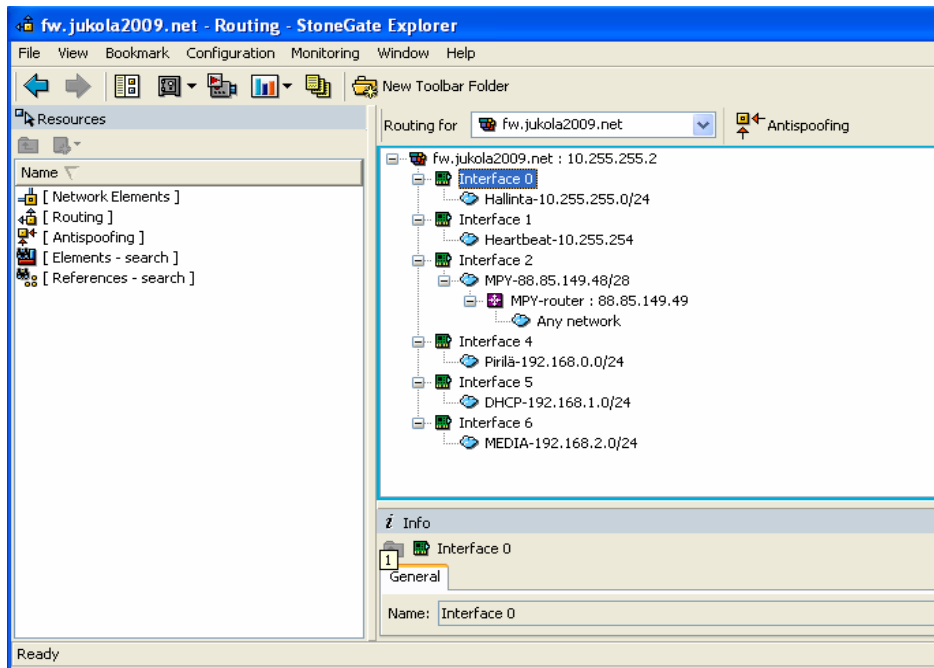
ping -komentoilla ja telnet -etäyhteyden kautta sekä palomuurissa olleella valvontatyökalulla, jonka käytöstä vastasi StoneGaten asiantuntija.

Kuvassa 8. näkyy StoneGaten käyttöliittymä, jonka vasemman laidan valikosta voi nähdä monitorointisovelluksen eri toimintoja, kuten hallinta-asetukset, erilaiset hälytystoiminnot, palomuri konfiguraation, ja eri verkkoelementit. Tässä kuvassa näkyy palomuriin liitetyt verkot, niille määritellyt ip-avaruudet sekä verkkojen tyypit.



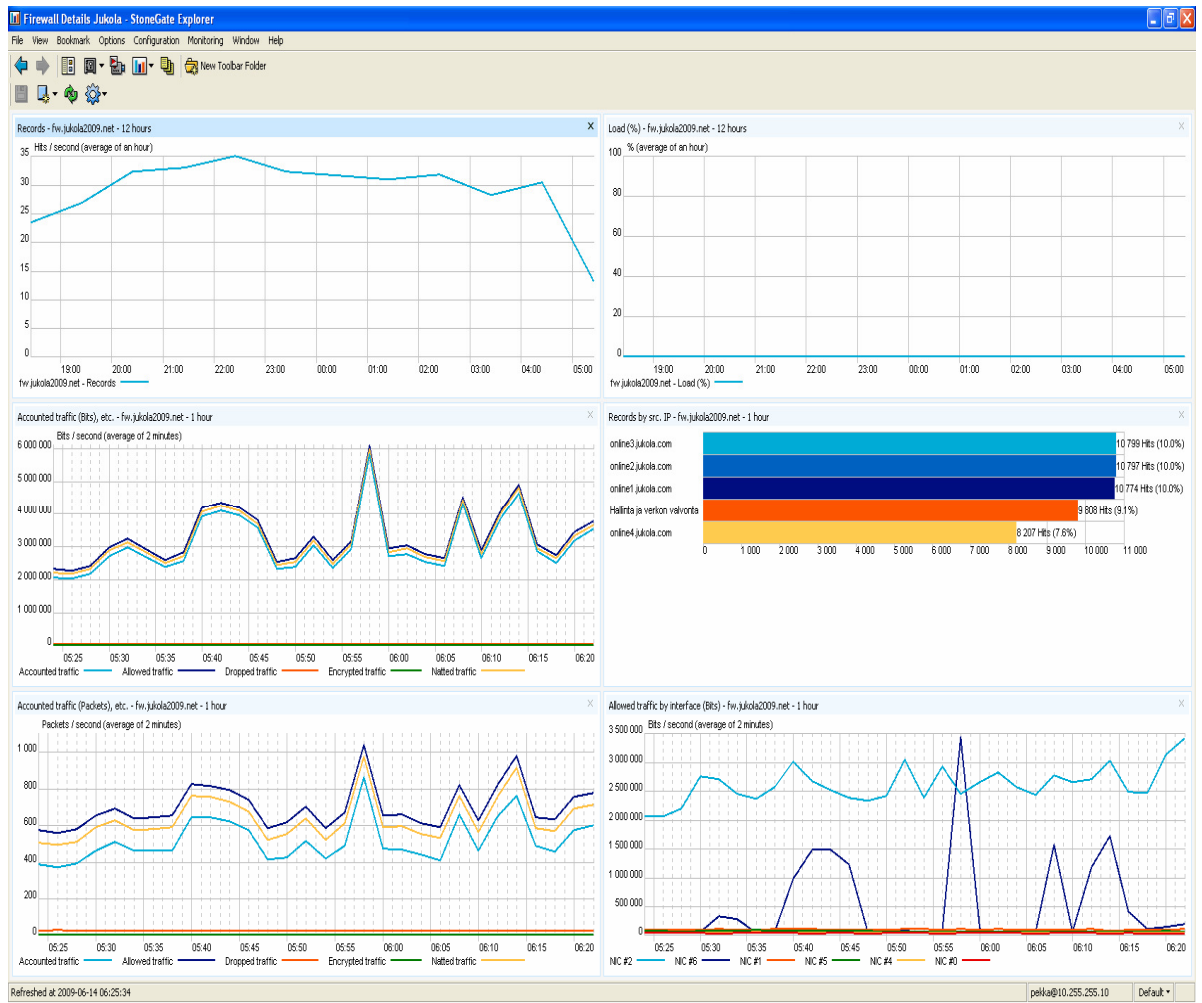
**Kuva 8. StoneGate Networks -näkökulma. (Liite 8.)**

Kuvassa 9. näkyy palomuurin rajapinnat ja niihin määritellyt verkot. Reititysnäkökulmasta voidaan nähdä myös verkon reitittimet ja niiden ip-osoitteet sekä käyttäjille määritellyt pääsy muihin verkkoihin.



**Kuva 9. StoneGate Routing -näköymä. (Liite 9.)**

Lähiverkon liikennettä pystyi seuraamaan myös graafisesta esityksestä, joka kuvasi verkossa liikkunutta dataa erilaisilla diagrammeilla (Kuva 10.). Alla olevasta kuvasta voidaan tarkastella verkossa liikkunutta dataa esimerkiksi viimeisen kahdentoista tunnin ajalta ja datan määrää bitteinä tai paketteina sekunnissa viimeisen tunnin ajalta. Diagrammeista näkyy myös verkossa liikkuneen datan tyyppi, kuten sallittu liikenne, salattu liikenne ja pudotettujen pakettien määrä. Diagrammissa näkyvä piikki dataliikenteessä hieman ennen kello kuutta aamulla syntyi Jukolan viestin voittajajoukkueen saavuttua maalialueelle. Liikenne syntyi tulospalveluverkon lisäksi kohonneesta Media -verkon liikenteestä kun lehdistö raportoi tuloksista. Myös gsm-verkon käyttöaste kasvoi hetkellisesti niin, että sen kapasiteetti pääsi hetkeksi ylittymään ja paikallisen operaattorin verkko tukkeutui lyhytaikaisesti.



**Kuva 10. StoneGate kuva verkon liikenteestä. (Liite 12.)**

## 5 POHDINTA

Teoriaosuudessa keskityin selostamaan lähiverkosta ja siinä käytettävistä siirtotekniikoista. Lähiverkkotekniikat ovat jatkuvasti kehittyvä tekniikan ala ja teoriaosuudessa pyrinkin käyttämään lähteinä mahdollisimman uutta tietoa. Uusia standardeja kehitellään ja otetaan käyttöön kaiken aikaa ja vanhoja järjestelmiä korvataan uusilla. Tällä hetkellä on langattomuus ja siihen siirtyminen puheenaiheena monilla siirtojärjestelmiä kehittäville tahoilla. Tulevaisuus näyttäne tulevatko langattomat tietoliikenneverkot syrjäyttämään kiinteät kaapeloinnit, vai jäävätkö molemmat tekniikat tukemaan toistensa siirto-ominaisuuksia. Jukola 2009 -verkkoa rakentaessani ja verkon ylläpidon aikana huomasin että langattomuus tuo paljon haasteita etenkin tietoturvan ja luotettavuuden osalta. Tällä hetkellä vaikuttaakin siltä,



ettei langaton verkko vielä päihitä kiinteää verkkoa turvallisuudessa ja erilaiset salaukset ja autentikoinnit tuottavat paljon lisätyötä kiinteään verkkoon verrattuna.

Jukola 2009 -lähiverkko toimi moitteettomasti koko kisojen ajan lukuun ottamatta pieniä vastaan tulleita ongelmia, joiden merkitys kokonaisuuden kannalta oli kuitenkin vähäinen. Yksi ongelma oli edellä mainittu vlanien välinen dhcp -osoitteiden jakaminen väärään verkkoon. Tältä olisi todennäköisesti vältytty, mikäli Media vlan olisi ollut myös fyysisesti erillään muista virtuaaliverkoista niin kuin alun perin suunniteltiin. Lisäksi Ciscon ja HP:n valmistamien kytkimien välillä ilmeni toisinaan kommunikointiongelmia, mutta lopulta kaikki aktiivilaitteet saatiin toimimaan keskenään. Tähän ongelmaan olisi saattanut auttaa Ciscon kytkimien IOS -käyttöjärjestelmän päivittäminen.

Yleisöltä tuli jonkin verran palautetta julkisen wlan -verkon puuttumisesta. Vaikka puhelinoperaattorit lisäsivätkin tukiasemakapasiteettiaan alueella, oli gsm -verkko välillä ylikuormittunut ja tarve yleisölle suunnatusta langattomasta yhteydestä nousi esille. Mikäli jatkossa Jukolan viestien järjestäjillä on mahdollisuus tarjota yleisölleen langaton verkkoyhteys, voitaisiin wlanin avulla parantaa palveluiden saatavuutta ja samalla laskea gsm -verkon kuormituspiikkiä.

Tämän kokoisen lähiverkon rakentaminen vaatii hyvän suunnittelupohjan ja dokumentoinnin toimiakseen halutulla tavalla ja ne ovat tärkeitä myös häiriöiden ja muiden ongelmien ennakoinnissa, havaitsemisessa ja paikantamisessa. Etenkin tämän kaltaisessa tapauksessa, kun verkko on tarkoitus rakentaa hyvin lyhyeksi ajaksi, on tärkeää mahdollisimman kattava riskien kartoitus etukäteen, sekä kunnollinen dokumentointi, jotta häiriötilanteista voitaisiin toipua mahdollisimman nopeasti. Koska Jukolan viesti on vuosittain järjestettävä ja merkittävän suurin tapahtuma, voisi olla hyödyllistä tehdä edellisten vuosien lähiverkkoratkaisuiden perusteella jonkinlainen kehysuunnitelma Jukola -lähiverkosta. Suunnitelmassa voisi olla valmiit mallit niille verkon osille ja komponenteille, jotka pysyvät suhteellisen muuttumattomina vuodesta toiseen huolimatta siitä että Jukola -viesti järjestetäänkin joka vuosi eri paikkakunnalla. Näitä melko staattisia verkkoon liittyviä osatekijöitä voisivat olla esimerkiksi vlanit, kytkinten ja työasemien peruskonfiguraatiot sekä työasemiin asennettavat sovellukset. Tämä helpottaisi vuosittaista urakkaa lähiverkon

rakentamisen osalta, eikä aina tarvitsisi aloittaa työtä aivan alusta saakka. Lisäksi resurssien vapautuminen osasta verkon suunnittelua voisi edesauttaa verkon kehittymistä vuosi vuodelta paremmaksi, vakaammaksi ja palvelevammaksi.

## LÄHDELUETTELO

1. Jaakohuhta, Hannu 2005. Lähiverkot – Ethernet. Helsinki: IT Press.
2. Chappel, Laura 1999. Cisco Reitittimet. Helsinki: IT Press.
3. Ciscon verkkoakatemia – 2. vuosi 2002. Helsinki: IT Press.
4. Grandlund, Kaj 2007. Tietoliikenne. Jyväskylä: Docendo.
5. Puska, Matti 2005. Langattomat lähiverkot. Helsinki: Talentum Media Oy.
6. Langattomat laajakaistaratkaisut, 2005. Työryhmäraportti. Julkaisija: Viestintävirasto.
7. Hakala, Mika ja Vainio, Mika 2005. Tietoverkon rakentaminen. Porvoo: Docendo.
8. 7 vuoden odotus: langaton 802.11n-tekniikka vihdoin valmis. Verkojulkaisu. <http://www.tietokone.fi> Päivitetty 14.9.2009. Saatavilla 25.9.2009.
9. Jukolan viesti. WWW-dokumentti. <http://www.jukola.com> Päivitetty 27.6.2009. Saatavilla 5.7.2009.

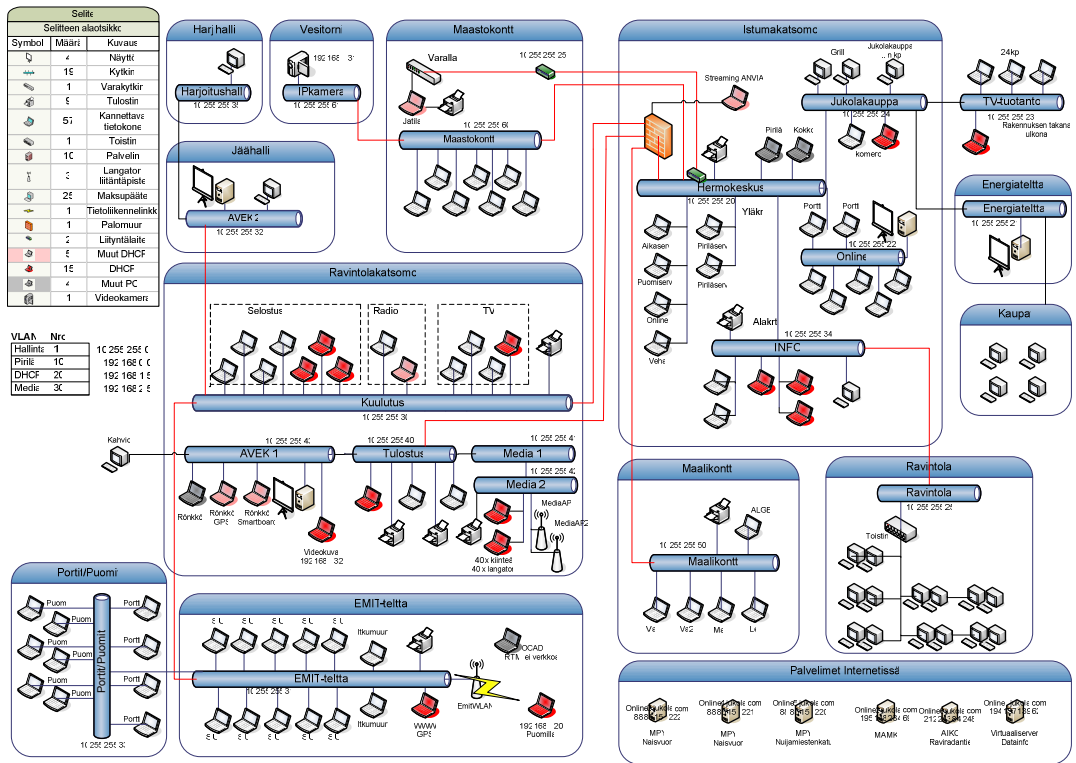
## LIITTEET

1. Jukola09.vsd
2. Hermokeskus.vsd
3. Palomuuuri.vsd
4. Jukola\_yhteydet.vsd
5. Tulostus.vsd
6. Kuulutus.vsd

7. Emit-telтта.vsd
8. Stone\_Networks.bmp
9. Stone\_Routing.bmp
10. Stone\_SystemStatus.bmp
11. Stone\_Hosts.bmp
12. Stone.bpm
13. Konfiguraatio\_Hermokeskus
14. Konfiguraatio\_EmitWLAN
15. Konfiguraatio\_Maastokontti

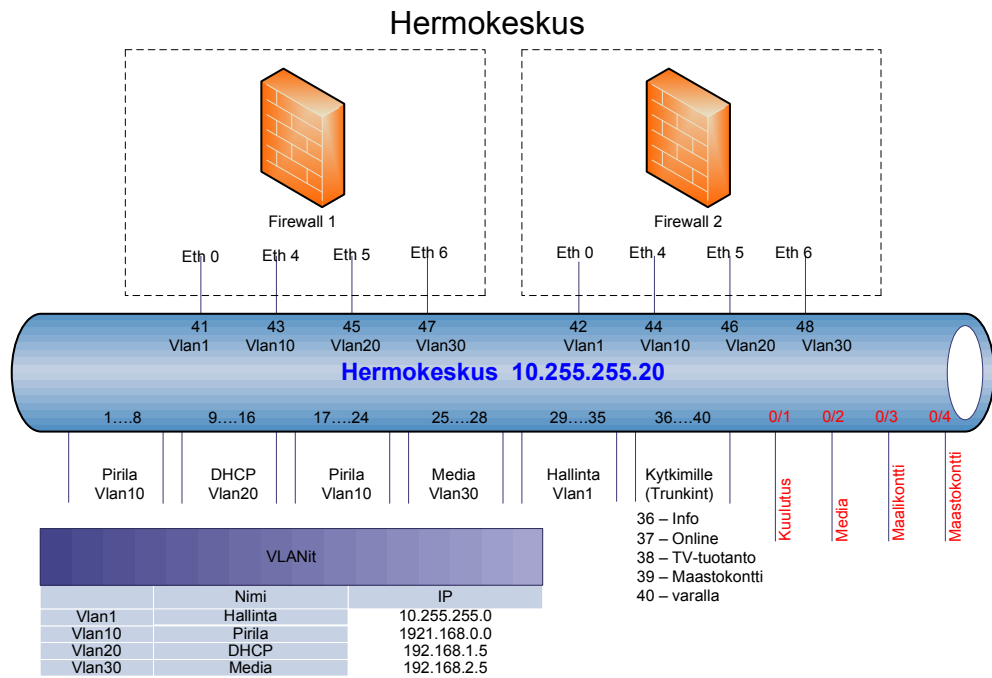
# Liite 1.

## Jukola09.vsd



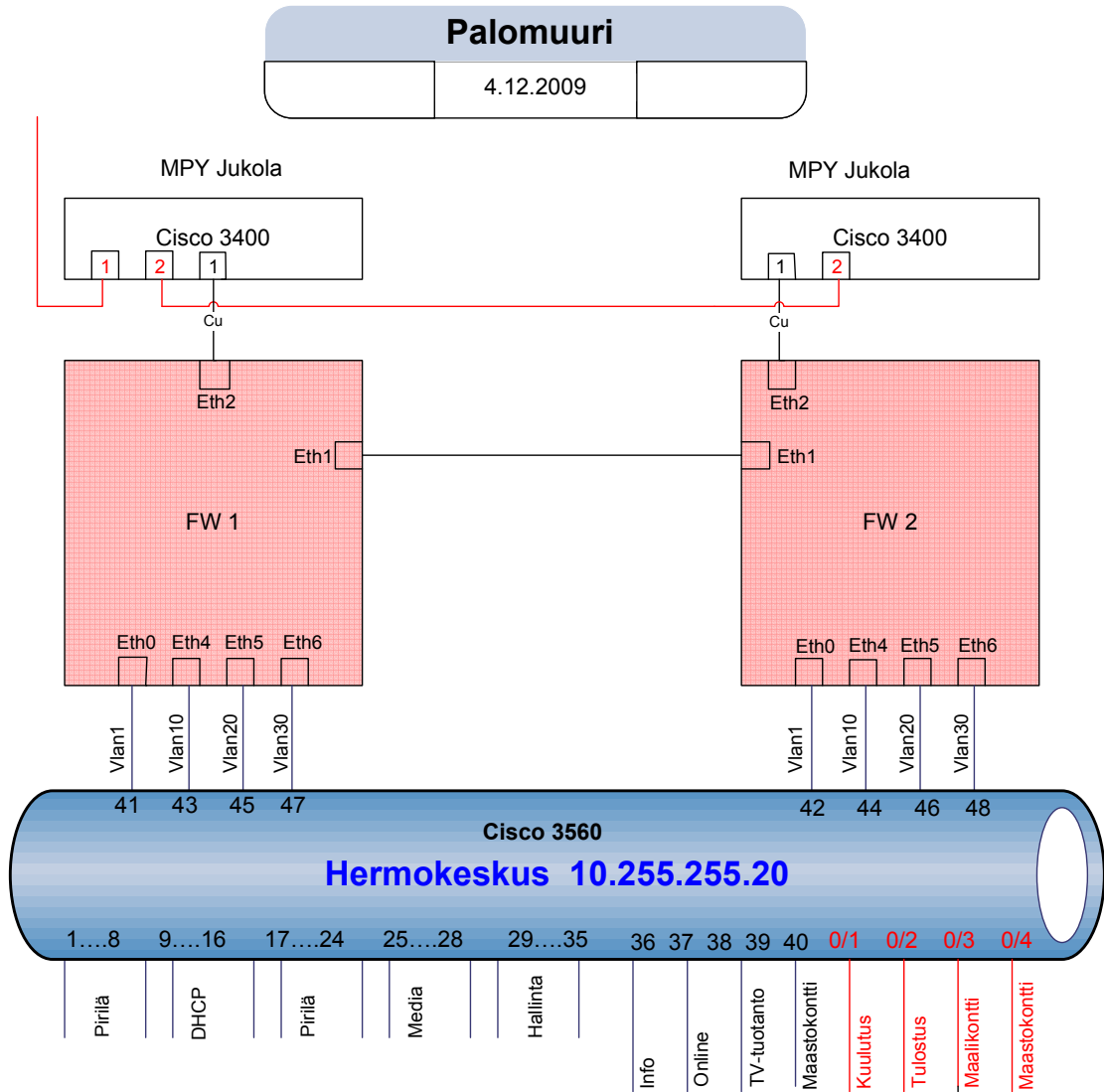
# Liite 2.

## Hermokeskus.vsd



### Liite 3.

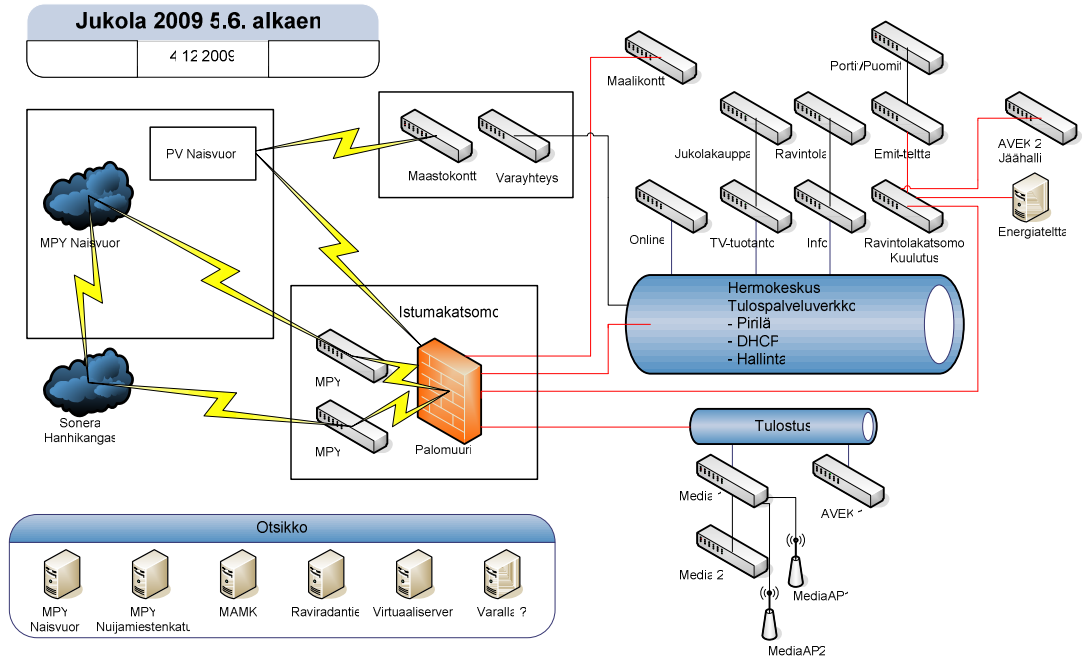
Palomuuuri.vsd



- Vlan1 - Hallinta
- Vlan10 - Pirilä
- Vlan20 - DHCP
- Vlan30 - Media

## Liite 4.

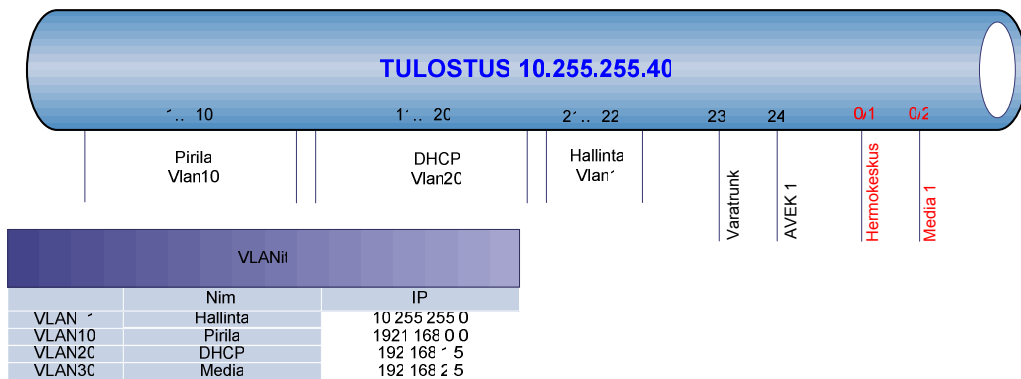
Jukola\_yhteydet.vsd



## Liite 5.

Tulostus.vsd

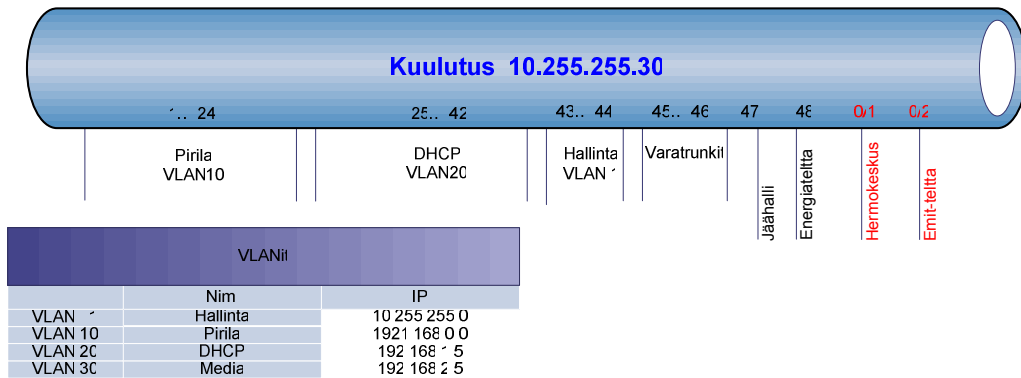
## TULOSTUS



## Liite 6.

Kuulutus.vsd

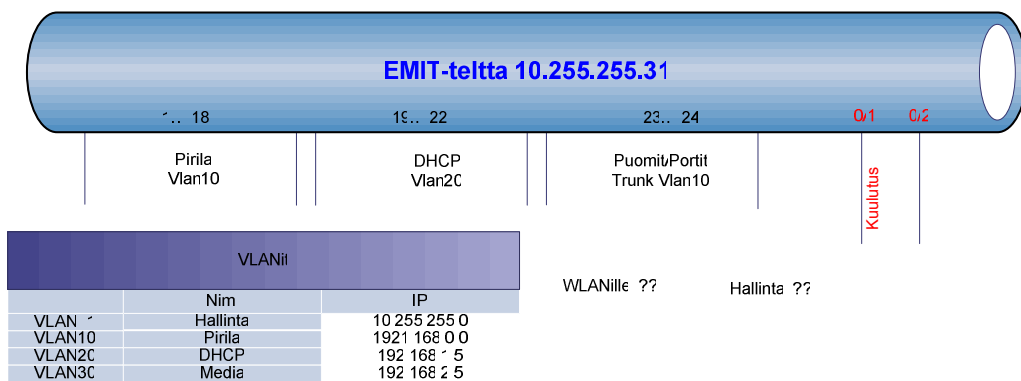
### Kuulutus



## Liite 7.

Emit-teltha.vsd

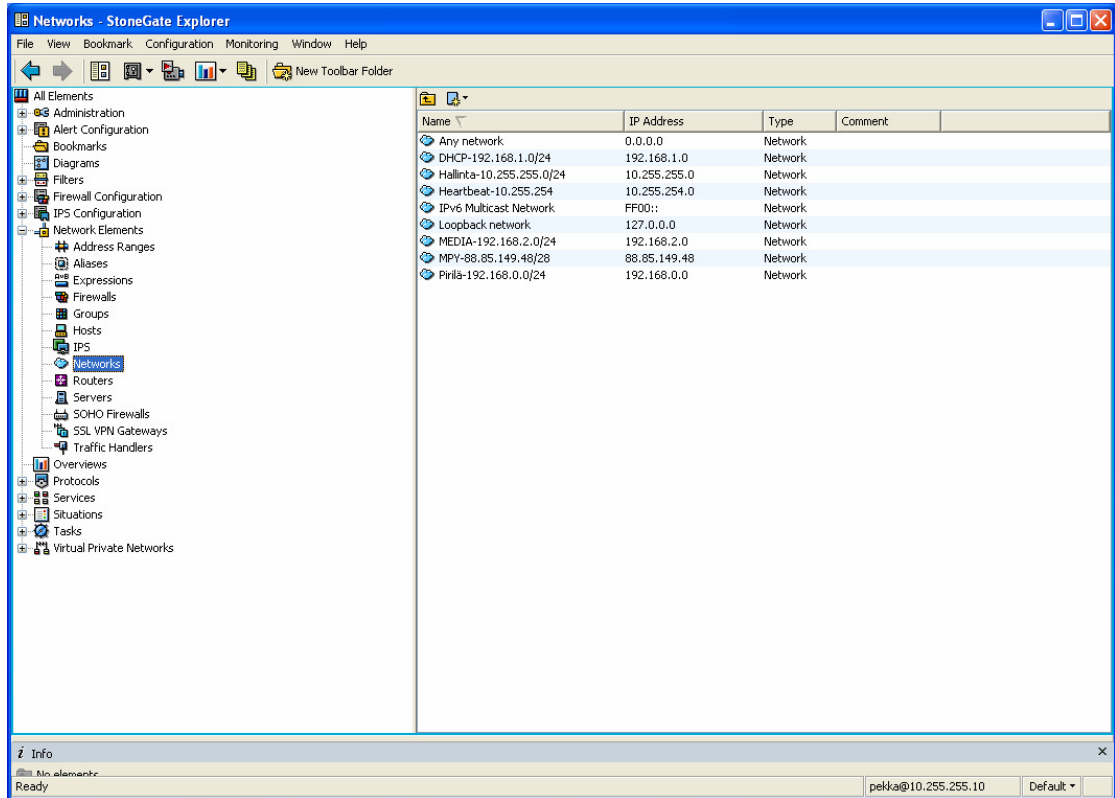
### EMIT-teltha





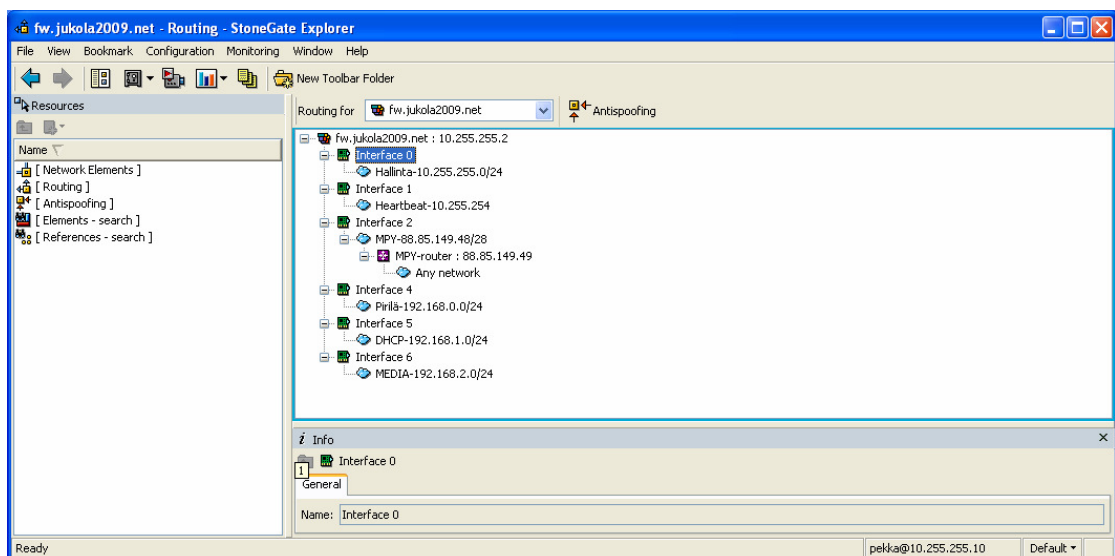
## Liite 8.

### Stone\_Networks.bmp



## Liite 9.

### Stone\_Routing.bmp



## Liite 10.

### Stone\_SystemStatus.bmp

The screenshot shows the 'System Status - StoneGate Explorer' window. The left pane displays a tree view of 'Monitored Elements' including 'Firewalls' (fw1.jukola2009.net, fw2.jukola2009.net) and 'Servers' (LogServer 10.255.255.10, Management Server). The main pane shows a summary table for 'Active Alerts' and a detailed table for 'Firewalls' and 'Servers'.

Name	Status	Total	10-9	8-7	6-1
Active Alerts		1			1

Name	Status	Total	Error	Warning	Unknown	OK	Not Moni...
Firewalls		1				1	
Servers		2				2	

The 'Info' pane at the bottom shows 'No elements' and 'No information available'. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and the user 'pekka@10.255.255.10'.

## Liite 11.

### Stone\_Hosts.bmp

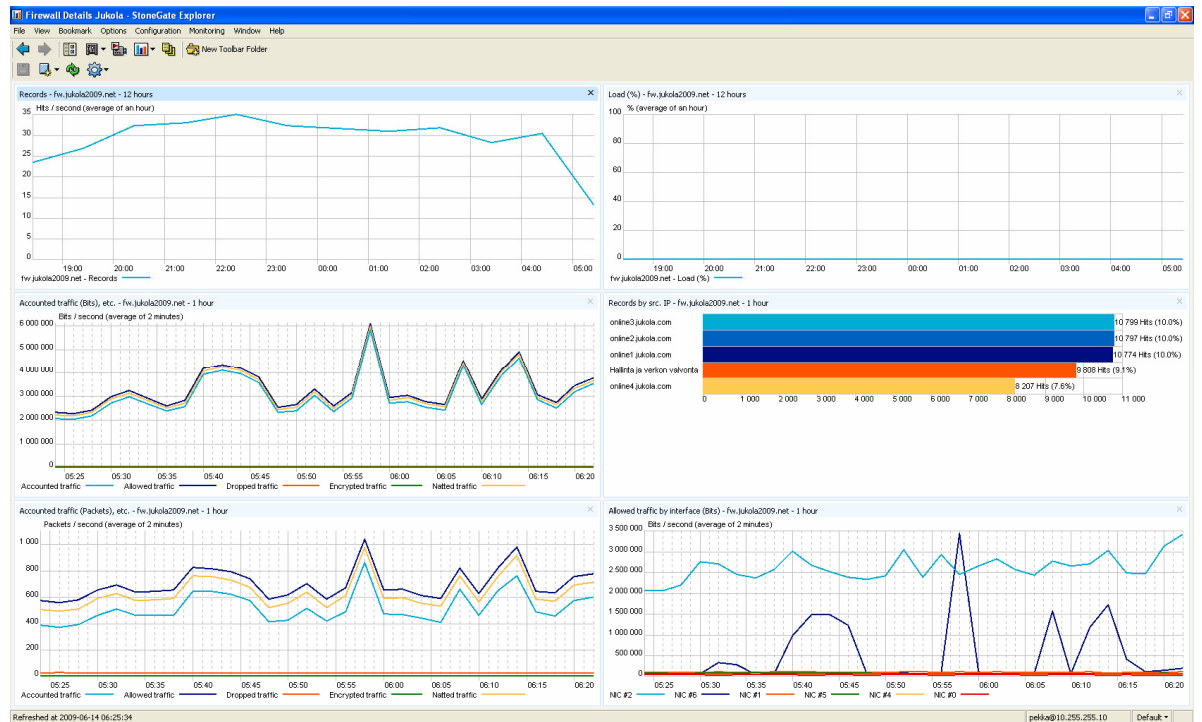
The screenshot shows the 'Hosts - StoneGate Explorer' window. The left pane shows a tree view of 'All Elements' with 'Hosts' selected. The main pane displays a table of hosts.

Name	IP Address	Type	Comment
ALL-SYSTEMS.MCAST.NET	224.0.0.1	Host	
Broadcast_1.0.0.0	1.0.0.0	Host	
DHCP Broadcast Destination	255.255.255.255	Host	
DHCP Broadcast Originator	0.0.0.0	Host	
DNS 82.197.20.5	82.197.20.5	Host	
DNS 82.197.20.6	82.197.20.6	Host	
Hallinta ja valvonta Aul2	10.255.255.102	Host	
Hallinta ja valvonta Tanja	10.255.255.101	Host	
Hallinta ja verkon valvonta	10.255.255.100	Host	
Hallinta_jyrki	10.255.255.8	Host	
IPv6 Unspecified Address	::	Host	
kamera 192.168.1.30	192.168.1.30	Host	
Limited Broadcast	255.255.255.255	Host	
Localhost	127.0.0.1	Host	
N1_192.168.0.21	192.168.0.21	Host	ONLINE tulosten...
online1.jukola.com	212.213.84.248	Host	Aiko
online2.jukola.com	195.148.235.69	Host	MAMK
online3.jukola.com	88.85.151.222	Host	Calecta
online4.jukola.com	88.85.151.221	Host	Calecta
online5.jukola.com	88.85.151.220	Host	Calecta
online6.jukola.com	194.137.139.62	Host	Datatimi
Pirila 192.168.0.255	192.168.0.255	Host	
Pirila_192.168.0.101	192.168.0.101	Host	
Pirila_192.168.0.102	192.168.0.102	Host	
Pirila_192.168.0.105	192.168.0.105	Host	
Pirila_192.168.0.194	192.168.0.194	Host	
Pirila_192.168.0.21	192.168.0.21	Host	
Pirila_192.168.0.211	192.168.0.211	Host	
Pirila_192.168.0.212	192.168.0.212	Host	
Pirila_192.168.0.221	192.168.0.221	Host	
Pirila_192.168.0.222	192.168.0.222	Host	
Pirila_NTP_TA	192.168.0.13	Host	Tämä hakee NTP ...
SMC-NAT-julkinen	88.85.149.62	Host	
testi 192.168.2.34	192.168.2.34	Host	
tulos1.jukola2009.net	194.204.43.172	Host	tulospalvelin

The 'Info' pane at the bottom shows 'No elements'. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and the user 'pekka@10.255.255.10'.

## Liite 12.

### Stone.bpm



## Liite 13.

### Konfiguraatio\_Hermokeskus

```
Current configuration : 7693 bytes
!
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
service password-encryption
!
hostname Hermokeskus
!
username admin secret 5 $1$1S/n$Cb5dF7VrcsDerpJze9M12/
aaa new-model
aaa authentication login default local
aaa authentication enable default none
!
aaa session-id common
system mtu routing 1500
vtp mode transparent
ip subnet-zero
ip dhcp excluded-address 192.168.1.255
ip dhcp excluded-address 192.168.2.0 192.168.2.20
ip dhcp excluded-address 192.168.2.255
ip dhcp excluded-address 192.168.1.0 192.168.1.40
!
ip dhcp pool DHCP
network 192.168.1.0 255.255.255.0
default-router 192.168.1.1
dns-server 82.197.20.5 82.197.20.6
```

```
    lease 0 12
!
ip dhcp pool Media
    network 192.168.2.0 255.255.255.0
    default-router 192.168.2.1
    dns-server 82.197.20.5 82.197.20.6
    lease 0 12
!
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
!
vlan internal allocation policy ascending
!
vlan 10
    name Pirila
!
vlan 20
    name DHCP
!
vlan 30
    name Media
!
interface FastEthernet0/1
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/2
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/3
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/4
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/5
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/6
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/7
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/8
    description "Pirila"
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/9
    description "DHCP"
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
!
```

```
interface FastEthernet0/10
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/11
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/12
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/13
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/14
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/15
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/16
description "DHCP"
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/17
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/18
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/19
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/20
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/21
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/22
description "Pirila"
switchport access vlan 10
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/23
description "Pirila"
switchport access vlan 10
```

```
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/24
  description "Pirila"
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/25
  description "Media"
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/26
  description "Media"
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/27
  description "Media"
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/28
  description "Media"
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/29
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/30
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/31
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/32
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/33
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/34
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/35
  description "Hallinta"
  switchport mode access
  spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/36
  description Info
```

```
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/37
description ON-line
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/38
description Jukolakauppa
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/39
description Maastokontti kupari
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface FastEthernet0/40
description Maastokontti kupari
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface FastEthernet0/41
description VLAN1 Palomuurille
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/42
description VLAN1 Palomuurille
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/43
description VLAN10 Palomuurille
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/44
description VLAN10 Palomuurille
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/45
description VLAN20 Palomuurille
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/46
description VLAN 20 Palomuurille
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/47
description VLAN 30 Palomuurille
switchport access vlan 30
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/48
description VLAN30 Palomuurille
switchport access vlan 30
```

```
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface GigabitEthernet0/1
description "Kuulutus"
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/2
description "Tulostus"
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/3
description Maalikonntti
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/4
description Maastokonntti
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface Vlan1
ip address 10.255.255.20 255.255.255.0
no ip unreachablees
no ip route-cache
no ip mroute-cache
!
interface Vlan10
ip address 192.168.0.5 255.255.255.0
no ip unreachablees
no ip route-cache
no ip mroute-cache
!
interface Vlan20
ip address 192.168.1.5 255.255.255.0
no ip unreachablees
no ip route-cache
no ip mroute-cache
!
interface Vlan30
ip address 192.168.2.5 255.255.255.0
no ip unreachablees
no ip route-cache
no ip mroute-cache
!
ip default-gateway 10.255.255.1
ip classless
ip http server
!
radius-server source-ports 1645-1646
!
control-plane
!
line con 0
line vty 0 4
length 0
line vty 5 15
!
end
```

Hermokeskus#



## Liite 14.

### Konfiguraatio\_EmitWLAN

```
Current configuration : 1722 bytes
!
version 12.4
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
service password-encryption
!
hostname EmitWLAN
!
enable secret 5 $1$bde9$X6/srlqXVWZeW6Ye0kA7c/
!
no aaa new-model
ip domain name fwl.com
!
dot11 ssid EmitWLAN
    authentication open
!
power inline negotiation prestandard source
!
username Cisco password 7 032752180500
!
bridge irb
!
interface Dot11Radio0
    no ip address
    no ip route-cache
    !
    encryption key 1 size 128bit 7 849CF3D3818F7F1EFF9AEE830590 transmit-key
    encryption mode wep mandatory
    !
    ssid EmitWLAN
    !
    channel 2472
    station-role root
    bridge-group 1
    bridge-group 1 subscriber-loop-control
    bridge-group 1 block-unknown-source
    no bridge-group 1 source-learning
    no bridge-group 1 unicast-flooding
    bridge-group 1 spanning-disabled
!
interface Dot11Radiol
    no ip address
    no ip route-cache
    !
    encryption key 1 size 128bit 7 849CF3D3818F7F1EFF9AEE830590 transmit-key
    encryption mode wep mandatory
    !
    ssid EmitWLAN
    !
    no dfs band block
    channel dfs
    station-role root
    bridge-group 1
    bridge-group 1 subscriber-loop-control
    bridge-group 1 block-unknown-source
    no bridge-group 1 source-learning
    no bridge-group 1 unicast-flooding
    bridge-group 1 spanning-disabled
!
interface FastEthernet0
```

```

no ip address
no ip route-cache
duplex auto
speed auto
bridge-group 1
no bridge-group 1 source-learning
bridge-group 1 spanning-disabled
!
interface BVI1
ip address 192.168.1.11 255.255.255.0
no ip route-cache
!
ip default-gateway 192.168.1.1
ip http server
no ip http secure-server
ip http help-path
http://www.cisco.com/warp/public/779/smbiz/prodconfig/help/eag
bridge 1 route ip
!
line con 0
line vty 0 4
login local
!
end

```

EmitWLAN#

## Liite 15.

### Konfiguraatio\_Maastokontti

```

Current configuration : 7110 bytes
!
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
service password-encryption
!
hostname Maastokontti
!
username admin secret 5 $1$5XMM$vrIUS4NqKklk.5LsFCfiC1
aaa new-model
aaa authentication login default local
aaa authentication enable default none
!
aaa session-id common
system mtu routing 1500
vtp mode transparent
ip subnet-zero
!
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
!
vlan internal allocation policy ascending
!
vlan 10
name Pirila
!
vlan 20
name DHCP
!
vlan 30
name Media

```

```
!  
interface FastEthernet0/1  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/2  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/3  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/4  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/5  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/6  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/7  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/8  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/9  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/10  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/11  
  description Pirila  
  switchport access vlan 10  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/12
```

```
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/13
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/14
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/15
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/16
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/17
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/18
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/19
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/20
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/21
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/22
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/23
description Pirila
switchport access vlan 10
```

```
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/24
description Pirila
switchport access vlan 10
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/25
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/26
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/27
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/28
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/29
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/30
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/31
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/32
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/33
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/34
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
```

```
!  
interface FastEthernet0/35  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/36  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/37  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/38  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/39  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/40  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/41  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/42  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/43  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/44  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/45  
  description DHCP  
  switchport access vlan 20  
  switchport mode access  
  spanning-tree bpduguard enable  
!  
interface FastEthernet0/46
```

```
description DHCP
switchport access vlan 20
switchport mode access
spanning-tree bpduguard enable
!
interface FastEthernet0/47
description Hallinta
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/48
description Hallinta
switchport mode access
!
interface GigabitEthernet0/1
description Hermokeskus
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
!
interface GigabitEthernet0/2
!
interface Vlan1
ip address 10.255.255.60 255.255.255.0
no ip unreachable
no ip route-cache
!
ip default-gateway 10.255.255.1
ip http server
radius-server source-ports 1645-1646
!
control-plane
!
line con 0
line vty 5 15
!
end
```

Maastokontti#